الحسن بن الهيثم

وَأثرهُ على المسيرة العِلميّة الحَديْثة

تـأليف
بشَار محمد سَعيْد قاسم و علي يوُسف فرَح

مكتبة المنار
الزَرقاء ـ الأرُدن

بسم الله الرحمن الرحيم

الطبعة الأولى

١٤٠٥هـ - ١٩٨٥م

مقدمـــة

إن ما دفعنا لكتابة هذا البحث المتواضع عن الحسن بن الهيثم ـ العالم الضوئي البارع ـ هو ما وجدناه في هذا الرجل العبقري من مزايا تجعله بمرتبة الانسان الذي ليس له سعي إلا وراء الحقيقية يكتشفها ويمحصها ويستقرؤها غير كال ولا مال هدفه الوصول الى ما يثلج الصدر ويروى عطش البحث. ولعلنا نكون (كمسلمين) من واجبنا ان نبحث عن تراث الاسلام الضائع الذي شتته غزوات الأعداء وأحقاد الحاقدين، وذهبت من جملة ما ذهب مؤلفات العلم الشهيرة التي لونت بحبرها نهر دجلة ونهر الفرات والتي لو كتب لها البقاء لغيرت من سرعة تقدم العلم وأراحت جهودا كبيرة من مشقة البحث والاختلاف والسؤال.

عالمنا هذا الحسن بن الهيثم ما هو الا ثمرة من ثمرات الحضارة الاسلامية تميز بأخلاقيات الإسلام في البحث فكان نتيجة ذلك أن عرف حقائق وخطَّ قواعد لم يسبقه إليها عالم آخر. فكشف عن الطريقة العلمية في البحث بما تشمل هذه من أسس ومراحل وهيئات ووضع النظريات الهامة في علم الطبيعة وبين طريقة البحث بالشكل الذي عجز عنه علماء أوروبا في القرن الثالث عشر أمثال روجور بيكون وليوناردو البيزي وليوناردو دافنشي وغيرهم من العلماء الذين يعتبرهم القاموس الأوروبي مؤسسي الطريقة العلمية الحديثة في البحث.

لقد اهتدى إليها ابن الهيثم وضرب عليها أمثلة حية واقعية بغير باغ من هذا سوى الحق الذي به يثلج الصدر.

والحسن بن الهيثم هو صاحب قصب السبق في علم الضوء ـ علم المناظر ـ فلقد بدأ به بداية صحيحة سليمة على أسس تجريبية بسيطة ولكنها إن دلت على شيء فانها تدل على عبقرية صاحبها وحسن تدبيره وسعة أفقه. وضع أو أسس علم المناظر. فأزال عنه الغموض الذي كان يعتريه طوال القرون السابقة. وأثبت خطأ النظريات اليونانية المتعلقة بعلم الضوء بما في ذلك نظرية الشعاع بتجارب دقيقة واضحة وأثبت صحة نظرية الورود والتي كانت مدار بحث العلماء من سابقيه.

ولقد ظلّ ابن الهيثم في فترة النهضة الاوروبية الحديثة طي النسيان لا يعرف عنه الكثير وليس هناك سبب لهذا أكثر من الانحطاط الذي ساد المسلمين والعرب في تلك الفترة. وبقي عالمنا هذا منكر الفضل مسروق القول والفكرة، ضائع الكتب والمقالات والرسائل التي لا يوجد منها الآن سوى عدد قليل مثل كتاب المناظر ورسالة في ضوء القمر ورسالة في وجه القمر ورسالة في هيئة العالم وماهية الأثر الظاهر على وجه القمر، بينما كان مجموع ما ألفه ٩٨ كتابا في مختلف العلوم من طب وفلسفة وفلك وضوء ورياضيات وهندسة وفيزياء.

لم يترك بابا وفيه حقيقة تثلج صدره الا وطرقه.

ولكن الظلام أخذ ينقشع عن سيرة عالمنا شيئا فشيئا على يد بعض المحققين الاوروبيين أمثال سارطون ورزنر وغيرهم من علماء أوروبا الباحثين بينما وللأسف الشديد بقي منسي الجانب في العالم العربي وأخذنا نسمع عن روجر بيكون وديكارت وكوبرنيكوس ونيوتن وغاليلو. ولا نسمع شيئا عن الحسن بن الهيثم الذي لا يقل قدره وعبقريته عن هؤلاء العلماء إن لم يزد عليهم ولكن ضمن فترته التاريخية الخاصة التي تختلف ظروفها عن ظروف أولئك العلماء.

ولقد كان للعالم الأستاذ مصطفى نظيف استاذ الطبيعة في جامعة الملك فؤاد الأول أبلغ الأثر في تحقيق سيرة هذا العالم فهو لم يقم باسقاط النظريات والاكتشافات الضوئية والبصرية الحديثة على منجزات ابن الهيثم، بل قام بتحليل تلك المنجزات وتقييمها في اطار مرحلتها التاريخية، وبالتالي وضعها في اطارها العلمي والتقدمي الحقيقي بدون زيادة أو نقصان.

ثم أخذت الكتب والمقالات والرسائل والأبحاث تكتب عن سيرة هذا العالم الفذ وخاصة بعد أن اعترف بفضله العلماء الأوروبيون وشكروا سعيه في العلم وعدوه من أكابر عظماء التاريخ عبقرية وعلماً وذكاءً، ولم يتوقف هذا البعث الجديد لعالمنا عند حد الكتابة بل عقدت المؤتمرات والاحتفالات ـ كما سيرد بعد قليل ـ لتكريم هذا العالم وإحياء ذكراه في نفوس الباحثين.

وما نبغي من كتابنا هذا إلا حب المشاركة في بعث تراث هذا العالم هادفين من ذلك أن نتعلم شيئاً من سيرته لعلها تدفعنا لأن نقتدي به خلقاً ومنهاجاً وبحثاً وزهداً وصبراً وشغفاً من أجل البحث العلمي.

وأن يحيي في نفوسنا ثقة بالماضي العريق وإمكانية التجديد والنهضة من هذا السبات الذي أبتلي به عالمنا العربي، وما زلنا نقول: إن الحسن بن الهيثم لا بد أن يكون أسوة في البحث العلمي وفي طريقة التحري عن الحقيقة وفي طريق العلم لكل من يقرأ سيرته وآثاره ومكتشفاته ومؤلفاته، ولعلنا نكون من جملة القارئين الذين يسيرون على منهجه في البحث، راجين من الله التوفيق والعون.

عمان في ٢٠/١/١٩٨٤

حيــاته

هو الحسن أبو عـلي بن الحسن بن الهيثم، ولد في البصـرة حوالي سنـة ٩٦٥م، ٣٥٤هـ وهو من أصل عربي واسم جده «الهيثم» ومعناه فرخ النسر.

نشأ ابن الهيثم وترعرع في أسرة عربية تسكن البصرة، ولا نعرف شيئا عن طفولته الأولى.

كان ضئيل الجسم قصير القامة، ضعيف البنية، محباً للمعرفـة والاطلاع، دقيق الملاحظة، منصرفاً عما كان في عصره من اللهو والترف، كثير التساؤل كما يقول عنه ابن أبي أصيبعة:

«وكان ابن الهيثم فاضل النفس، قوي الذكاء، متفنناً في العلوم، لم يماثله أحد من أهل زمانه، وكان دائم الاشتغال، كثير التصنيف، وافر الزهد، محباً للخير، ولقد لخص كثيراً من كتب جالينوس في الطب. . وكان حسن الخط جيد المعرفة بالعربية»(١)

تمثلت في ابن الهيثم شخصية العالم الجاد، فكان همه حقيقة تثلج الصدر او تشفي غليل الفكر علها تصده عن التساؤل والشك، وكان يؤمن بأنّ البحث في العلم يقتضي الترفع عن الدنس والدنايا. وفي ذلك يقول ابن أبي أصيبعة: «ثم إن ابن الهيثم كان في أول أمره بالبصرة قد وزر، وكانت نفسه تميل إلى الفضائل والحكمة والنظر ويشتهي أن يتجرد من الشواغل التي تمنع من النظر في العلم. فسافر إلى مصر واقام بالجامع الأزهر يكتب كل سنة إقليدس والمجسطى ويبيعها ويقتات من ذلك الثمن إلى أن توفاه الله»(٢)

واعتاد ابن الهيثم على كثرة الاسفار والترحال في طلب العلم. فسافر الى بغداد وبلاد الشام ومصر وتنقل في كافة أرجاء الامبراطورية الاسلامية، يقول عنه البيهقي في كثرة أسفاره وزهده:

«وأقام في الشام عند أمير من أمرائها، فأدرّ عليه ذلك الأمير وأجرى عليه أموالا كثيرة، فقال أبـو علي: يكفيني قـوت يومي. ولم يقبـل الا نفقة احتـاج إليها، ولبـاساً

(١) ابن أبي أصيبعة، عيون الأنباء في طبقات الأطباء ص ٥٥٠

(٢) ابن أبي أصيبعة: عيون الأنباء في طبقات الأطباء ص ٥٥١

متوسطاً»(١)

وفي أسفاره اطَّلع على حضارة الأمصار، ولم تفته معرفة ما وصل إليه العلم في عصره وقبل عصره. فقرأ ما كتبه السابقون أمثال إقليدس وأبونيوس وأرخميدس والمجسطي وأرسطو وجالينوس وغيرهم، فأحاط بكتب الفلسفة والمنطق والإلهيات وكتب العلوم والرياضيات والهندسة والطب والفلك وعمل على وضع الملخصات والتصنيفات في جميع هذه العلوم، كل هذا ليدرك البعد والعمق في فهم معانيها وخباياها الدقيقة.

ثم إن ابن الهيثم قد تعلم الطب عندما سافر إلى بغداد حيث درس في البيمارستان وفي ذلك العصر كانت الدولة الاسلامية قد أصدرت قانوناً جديداً على الانسانية عرف باسم قانون الرخص الطبية وهذا شبيه بما يعرف عندنا بـ شهادة مجلس الطب الأردني، حيث لا يسمح بممارسة مهنة الطب إلا بعد إجتياز الامتحان المقرر من قبل الهيئة المسؤولة، والذي يقيس مدى قدرة الطالب على إتقان هذه المهنة، والجدير بالذكر ان المقتدر «الخليفة العباسي» قد أصدره سنة **٩٢١**م أي قبل أن تعرفه أوروبا بقرون.

وقد اجتاز ابن الهيثم هذا الإمتحان قبل أن يعود الى البصرة ليزاول فيها مهنة طب العيون أو كما يسميه المسلمون (علم الكحالة).

لم يكن ابن الهيثم في عهده الأول مجرد طبيب بل كان عالما ألم بثقافة عصره وعصر من سبقه، في حين ابتعد عن التأثر الفلسفي والأخلاقي المتطرف، كما حدث عند بعض العلماء العرب والمسلمين أمثال الفارابي وابن رشد، فالحسن ابن الهيثم له آراؤه الشخصية المتحررة من قيود التقليد. مرجعه أولاً وأخيراً العقل بأسلوب بعيد عن الغرور وبتواضع جم. ومن أقواله كما روى عنه البيهقي «اذا وجدت كلاما حسنا لغيرك فلا تنسبه لنفسك، واكتف باستفادتك منه. فان الولد يلحق بأبيه والكلام بصاحبه»(٢)، وكان إذا توصل الى شيء جديد قال بلا فخر ولا غرور «ولا نعرف واحداً من المتقدمين ولا المتأخرين بين هذا ولا وجدناه في شيء من الكتب».

ذاعت شهرة ابن الهيثم في الأمصار الإسلامية حتى أن أهل بغداد استفتوه في مسائل كثيرة بالرغم من أنها زاخرة بصفوة من علماء عصره، وذلك لما عرف عنه من اتقانه وابداعه في العلوم المختلفة، وعندما سمع به حاكم مصر الخليفة الفاطمي (الحاكم بأمر الله)

---

(١) تاريخ حكماء الاسلام البيهقي ص ٨٦

(٢) تاريخ حكماء الاسلام، البيهقي ص ٨٨

(٩٩٦م - ١٠٢٠م)، أرسل في طلبه. روى ذلك ابن القفطي حيث ذكر أن ابن الهيثم قال: «لو كنت بمصر لعملت في نيلها عملاً يصلح به النفع في كل حالة من حالاته، فقد بلغني انه ينحدر من موضع عال، وهو في طرف الاقليم المصري»(١). وعندما بلغ ذلك الخليفة الفاطمي أرسل له يستدعيه الى القاهرة، وقد بالغ في إكرامه لدرجة أنه خرج في استقباله عند باب القاهرة، كما جرت العادة في استقبال الحكام والملوك.

ثم طالبه الحاكم بعدها بما قال في النيل، فجهز له بعثة علمية بكامل معداتها وأجهزتها، وزوده بالمهندسين والعمال المهرة ليعملوا تحت يده، وسارت البعثة في المراكب النهرية تتتبع مجرى النيل من القاهرة إلى أسوان وما بعد أسوان. ومضى ابن الهيثم فيها يدرس ويبحث ويدقق حتى وصل الى منطقة الجنادك، ولعلها منطقة الشلالات على حدود القطر المصري، وأدرك بعدها أن أفكاره التي خطرت له مخالفة للواقع. وفي ذلك يقول الدكتور احمد شوقي الفنجري «وهناك اختار الحسن ابن الهيثم الموقع لإقامة السد، وهو نفس الموقع الذي أصبح فيما بعد السد العالي.. ولكن ابن الهيثم بعد طول الدراسات والتجارب تبين أنه من المستحيل بناء سد على النيل بهذه الضخامة وبإمكانيات ذلك العصر اليدوية، وأن ذلك يحتاج إلى معدات هائلة ومتطورة»(٢).

وقدّم ابن الهيثم أعذاره للحاكم، الذي تظاهر بقبول تلك الأعذار، واقتناعه بما أورده من أدلّة - كما يقول ابن القفطي - وولّاه منصباً إدارياً من مناصب الدولة حتى لا يشعره بفشله وإحباطه. ومما يروى عن الحاكم بأمر الله انه كان رجلاً ذا مزاج غريب. مفرطاً في الكرم ومفرطاً في العقاب، مما اضطر الحسن ابن الهيثم إلى قبول المنصب رهبة لا رغبة.

ومع توالي الأيام بدأ ابن الهيثم يشعر بالكبت والإحباط، فلم يجد وسيلة إلى التخلص من قيده سوى إشاعة الجنون عن نفسه بين الناس، مما دفع الحاكم أن يعطف عليه، ويضعه في بيت خاص يجري عليه رزقه ويخصص له من يرعاه ويعتني به.

ولم يزل كذلك حتى توفي الحاكم، فلما تحقق من وفاته انطلق إلى غرفة في الجامع الأزهر، يبحث ويجرب ويؤلف حتى وضع أجلّ أعماله وهو كتاب في البصريات «المناظر».

---

(١) إخبار العلماء بأخبار الحكماء - ابن القفطي ص ١١٤

(٢) مجلة التقدم العلمي - العدد الثالث - يناير ١٩٨٣، الدكتور أحمد شوقي الفنجري ص ٢١

وقد اعتمد الحسن بن الهيثم في عيشه على نسخ الكتب العلمية وبيعها، وفي هذا يقول «يوسف الفاشي الاسرائيلي»:

«سمعت أن ابن الهيثم كان ينسخ في كل سنة ثلاث كتب وهي إقليدس والمتوسطات والمجسطي، حتى اذا انتهى جاءه من يدفع له مئة وخمسين دينارا مصريا فيجعلها مؤنة لسنته»(١)

وقد اشتهرت كتبه التي ينسخها بحسن الخط وجمال المنظر ودقتها العلمية ولذلك كانوا يتهافتون في الحصول عليها ويفخرون بها. هذا بالإضافة الى إعتماده على التأليف والترجمة في تحصيل رزقه فقد كان ملماً بلغات العصر، وكان مجموع ما كتبه من المخطوطات والرسائل ٢٣٧ في شتى فروع العلم والمعرفة.

وفي أواخر أيامه مرض ابن الهيثم مرضاً شديداً حتى اذا أكل شيئاً قاءه فلم يقدر على الأكل، ولما أيس من نفسه قال «ضاعت الهندسة وبطلت المعالجة وعلوم الطب، ولم يبق إلا تسليم الروح إلى خالقها وبارئها»(٢)، ثم توجه تلقاء القبلة وقال: «إليك المرجع وإليك المصير يا رب، عليك توكلت وإليك أنبت»(٣)، ثم فاضت روحه الطاهرة، وكان هذا حوالي سنة ١٠٣٩م في القاهرة. وهكذا عاش ابن الهيثم حياة مليئة بالبحث والاكتشاف نتاجها الطريقة العلمية الحديثة والقوانين والنظريات التي أصبحت فيما بعد نبراساً يهتدى به العلماء.

---

(١) إخبار العلماء بأخبار الحكماء، ابن القفطي ص ١١٥

(٢) إخبار العلماء بأخبار الحكماء، ابن القفطي ص ١١٥

(٣) إخبار العلماء بأخبار الحكماء، ابن القفطي ص ١١٥

عصــــره

لا بد لنا قبل البدء بـاستعراض الانجـازات العلمية لعـالمنا ابن الهيثم من بحث الأحوال الاجتماعية والسياسية والفكرية التي سادت عصره، لما لها من الأثر البالغ على طبيعة نهج ابن الهيثم في رحلة البحث والاستقصاء.

عاصر ابن الهيثم شمس العرب الحضارية، حيث شهدت الفترة الواقعة ما بـين النصف الثاني من القرن العاشر للميلاد وحتى الثلاثينات من القرن الحادي عشر للميلاد أبرز الانجازات العلمية، في حين كان القرن التاسع فترة انفتاح على الحضارات السابقة من تراث وعلم وفكر وثقافة، ولا ننسى أنه في هذا القرن بلغت الترجمة أوجها وخاصة من اليونانية والفارسية والسريانية والهندية، ونشـطت الترجمـة هذا النشـاط بسبب الصراع الفكري الحاد الذي ساد، مما دفع كل فئة للبحث عن حجة أو دليل تثبت به رأيها، فاتجهت الى الاطلاع على تراث الأمم الخالية من فلسفة ومنطق وأخلاق وعلوم أخرى، كما كان لتشجيع الخلفاء أثر واضح في هذه الناحية خاصة خلفاء الدولة العباسية أمثال المأمـون والمعتصم. وفي ذلك يقول الكاتب الفرنسي ماكس فانتاجو «لذلك من الضـروري أن نسمي العصر الذي شاهد هارون الرشيد والمأمون والخوارزمي، العصر الذي حقق فيه العرب المزيج بين المعارف اليونانية والفارسية والهنـدوكية، العصـر الذي اكتشفـوا فيه خصوبة الجبر وروعة الحساب وفائدة الكيمياء، عصر «المعجزة العربية»»(١).

وفي القرن العاشر الميلادي ازدادت الحركة اللامركزية في ولايات الدولة الاسلامية الكبرى، حيث انفردت كل ولاية بشئونها وأمورها الخاصة وذلك لعدم قدرة خلفاء بني العباس السيطرة على شئون الحكم. فنشأت هناك دويلات مثل دولة الإخشيديين في مصر والشام، ودولة البريديين في البصرة وواسط ودولة الديلم في البحرين وطبرستان والدولة الحمدانية في الموصل وما حولها، ودولة بني بويه في الري وأصفهان ولم يعد للخليفة إلا بغداد وما حولها وسلطة رمزية تتمثل بالدعاء له في المساجد وإرسال الهدايا والتهاني في أيام الأعياد والمناسبات.

---

(١) المعجزة العربية، ماكس فانتاجو - ص ٥٧

وكان لهذا الوضع الأثر الفعال في إذكاء روح التنافس بين ولايات العالم الاسلامي فأصبحت قصور الخلفاء مأوى ومجمعاً للعلماء ، وأخذ كل خليفة يسعى جاهدا للإكثار من علمائه وأدبائه وشعرائه ، فهم في نظره زينة البلاد .

أما بغداد فكانت العاصمة الفكرية حيث مدارسها ومساجدها وجامعاتها المشهورة حافلة بالعقول المفكرة العظيمة ثم إن الطلاب كانوا يوفدون عليها من كافة البلاد البعيدة والقريبة كي ينهلوا العلم من نبعه الصافي الغزير .

واتخذ العلم في ذلك العصر طابعاً ذاتياً أساسه الرغبة والفضول فانتشرت الكتب بين العامة والخاصة «وكان ثراء الناس يقاس بما يملكونه من كتب ومخطوطات»(١) ، ففي بغداد وحدها مئة دار للكتب منها مكتبة النجف التي حوت على ٤٠٠,٠٠٠ مجلد ، وفي مصر مكتبة العزيز الفاطمي حوت على ١,٦٠٠,٠٠٠ مجلد منها ٦,٥٠٠ مخطوطة في الرياضيات و ١٨٠٠٠ مخطوط في الفلسفة بالاضافة الى التوسيعات التي قام بها ابنه حين اعتلى العرش حيث بنى مكتبة ضخمة فيها ثماني عشرة قاعة للمطالعة الى جوار المكتبة القديمة ، وفي قرطبة مكتبة قرطبة حوت فهارسها على ٤٤ كراسة كل منها عشرون ورقة .

وكذلك فعل الوزراء ورجال الدولة ، فلقد ترك الوزير المهلبي مثلا عند وفاته عام ٩٦٣م مجموعة من ١١٧,٠٠٠ مجلد ، واستطاع زميله الشاب ابن عباد أن يجمع في مكتبته ٢٠٦,٠٠٠ كتابا ، وجمع أحد قضاته ١,٠٥٠,٠٠٠ مجلد .

وفي افتخار الناس بالكتب التي يملكونها تقول المستشرقة الالمانية سيجريد هونكه : «ولما كانت هذه الأرقام الضخمة قد حسبت بالتقريب ، وبولغ في بعضها ، فإن هذه المبالغة نفسها لهي أكبر دليل على مفاخرتهم بذلك وسرورهم بكل جهد يبذل في هذا السبيل ، وليس أدل على هذا مما نقرأه من أن بعض الوزراء لم يكن يخرج إلى رحلة إلا ومعه ثلاثون جملاً من الكتب»(٢) .

ثم تقول : «إن عشق الكتب لم يكن وقفا على حفنة من العلماء ، بل كان هواية العرب على إختلاف طبقاتهم ، فكل متعلم من أكبر كبراء الدولة إلى بائع الفحم ، من قاضي المدينة إلى مؤذن المسجد ، هو زبون دائم عند بائع الكتب ، إن متوسط ما كانت تحويه مكتبة خاصة لعربي في القرن العاشر ، كان أكثر مما تحويه كل مكتبات الغرب مجتمعة»(٣) .

---

(١) شمس العرب تسطع على الغرب ، سيجريد هونكه ص ٣٨٥

(٢) شمس العرب تسطع على الغرب ـ سيجريد هونكه ص ٣٨٧

(٣) شمس العرب تسطع على الغرب ـ سيجريد هونكه

وفي هذا العصر ظهرت الجمعيات السرية التي اشتهرت بآرائها الحرة مثل جماعة إخوان الصفا والحركات الشعوبية وبعض فرق الشيعة .

ولم تقتصر المعجزة العربية على بلاد المشرق الاسلامي بل كان لبلاد المغرب والأندلس دور في الحركة الفكرية والحضارية لهذا القرن ، فاشتهر من علماء الاندلس ابن زهرة الطبيب الأندلسي وعباس بن فرناس وزرياب وابن رشد وابن حزم وابن طفيل وغيرهم من العلماء .

أما الجامعات فقد ازدهرت في كافة انحاء العالم الاسلامي ، فدار الحكمة ببغداد وبيت الحكمة في القاهرة وجامعة القرويين في فاس في حين لم تكن تعرف اوروبا هذا النمط من الجامعات .

ثم ان للفاطميين دوراً كبيراً في تشجيع العلماء ، وقد عاصر ابن الهيثم دولتهم عندما زار مصر لبناء سد على نهر النيل ، وبالرغم ما عرف عن غرابة طبع الحاكم بأمر الله الفاطمي إلا أنه كان محباً للعلماء . آوى إليه كثيراً من أطباء عصره وحكمائهم وأنشأ في القاهرة دار الحكمة وأمدها بالمال والأوقاف الكثيرة ، ودعا إليها العلماء من كل صوب ، وأنشأ في المقطم مرصداً فلكياً بادارة ابن يونس المصري أشهر علماء الفلك .

كل هذا أثَّر في عطاء ابن الهيثم وطبعه بطابع خاص ، فكان عصره أزهى عصور الحضارة العربية الاسلامية الذي برع في سمائه ابن الهيثم وابن سينا والبيروني والكرخي وعلماء آخرون .

أما العلماء الذين عاصروا ابن الهيثم فأشهرهم :

١ ـ السجستاني	٢ ـ ابن يونس	٣ ـ القاضي النسوي
٤ ـ البيروني	٥ ـ ابن سينا	٦ ـ الكرخي
٧ ـ أمير أبو النصر	٨ ـ الحجندي	٩ ـ الكرماني
١٠ـ ابن السمح	١١ـ ابن الطاهر	١٢ـ السرقسطي
١٣ـ الزهري	١٤ـ الواسطي	١٥ـ أبو الحسن بن لبان . (١)

(١) تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك

مقدمـــه

عرف السابقون فضل ابن الهيثم ونبوغه وعبقريته فقال عنه ابن ابي أصيبعة «كان ابن الهيثم فاضل النفس، قوي الذكاء، متفننا في العلوم لم يماثله أحد من أهل زمانه في العلم الرياضي ولا يقرب منه، وكان دائم الاشتغال كثير التصنيف، وافر الزهد»(١).

وقال عنه ابن القفطي «انه صاحب التصانيف والتآليف في الهندسة وكان عالماً بهذا الشأن متقناً له متفنناً فيه، قيماً بغوامضه ومعانيه، ومشاركاً في علوم الأوائل، أخذ عنه الناس واستفادوا»(٢).

وورد في كتاب «ابن الهيثم وأثره المطبوع في الضوء» على لسان العالم مصطفى نظيف بك «ان ابن الهيثم رائد علم الضوء في القرن الحادي عشر للميلاد كما ان نيوتن رائد علم الميكانيكا»(٣).

ويقول عنه كذلك «لا أتردد في أن أقول إنه كان أعظم علماء العالم الذين نبغوا في عصر الحضارة الاسلامية، ولا أتردد في أن أقول إنه في مقدمة الأعلام من علماء الطبيعة في جميع عصور التاريخ»(٤).

وهذا العالم مشرفة يقول فيه «رياضي بأدق ما يدل عليه هذا الوصف من معنى وأبلغ ما يصل إليه من حدود».

ويقول فيه الأستاذ جون دبزوند برناك، رئيس قسم الفيزياء بكلية بيركبك بجامعة لندن «يعتبر كتاب المناظر لابن الهيثم هو أول دراسة علمية جادة في موضوع الضوء، وابن الهيثم وغيره من علماء العرب هم أول من فهم موضوع انعكاس الضوء بالمفهوم الجديد، وبمرور الضوء خلال الأجسام المشفة، الأمر الذي كان له الفضل في إرساء قواعد علم البصريات»(٥)

---

(١) ابن أصيبعة ـ طبقات الأطباء ص ٥٥٠

(٢) ابن القفطي ـ إخبار العلماء بأخبار الحكماء ص ١١٤

(٣) د. مصطفى نظيف ـ المحاضرة الأولى من محاضرات ابن الهيثم التذكارية ص ٥

(٤) د. مصطفى نظيف ـ المحاضرة الأولى من محاضرات ابن الهيثم التذكارية ص ٥

(٥) العلم في التاريخ ـ جون دبزوند برنال ـ ترجمة د. علي علي ناصف

وكذلك الاستاذ حيدر بامات يقول عنه «وفي نفس الفترة كتب الحسن بن الهيثم مؤلفه الشهير في البصريات الذي كان أساس مؤلفات روجر بيكون، وكبلر، ومن الأمور الجديرة بالاعتبار، أن ابن الهيثم كان أول من دافع عن اقامة سد أسوان لرفع مستوى النيل»(١).

ويشير إليه العالم تشارلس «انه كان بداية العلم الحديث في البصريات»(٢)

وكذلك المؤرخ الشهير سارطون الذي يقول: «إن ابن الهيثم بهذا يعتبر أول مخترع للكاميرا في العالم وهي ما يسمى علميا (Camera obscune) »(٣).

ويتحدث قدري طوقان عنه قائلا: «يؤلمني أن أقول إنه لو كان ابن الهيثم من أبناء أمة أوروبية لرأيت كيف يكون التقدير وكيف يكون الابداع وكيف يذاع اسمه وتنشر سيرته على الناس وتدخل في برامج التعليم لتأخذ منها الأجيال حافزاً يدفعهم الى الاقتداء به والسير على طريقه، أليس في عدم معرفة ناشئينا وشبابنا شيئاً عن ابن الهيثم اجحاف وعيب فاضح، أليس إهمالاً منا أن نعرف عن بطليموس وكبلر وباكون أكثر مما نعرف عن ابن الهيثم»(٤). ويقول عنه الدكتور محمد رضا مدور «لن أكون مغالياً اذا اعتبرت الحسن ابن الهيثم في مرتبة تضاهي مرتبة العلامة اينشتين في عصرنا»(٥). ولم تقتصر شهرة ابن الهيثم ومكانته على العلماء العرب والمسلمين فحسب بل تعدت ذلك الى بعض المتخصصين من المستشرقين والعلماء الأوروبيين الذين عرفوا قدر هذا العالم.

يقول عنه سارطون «إن ابن الهيثم أعظم عالم ظهر عند العرب في علم الطبيعة بل أعظم علماء الطبيعة في القرون الوسطى، ومن علماء البصريات القليلين المشهورين في العالم كله»(٦).

وورد في كتاب Legacyaf Lstam «إن علم البصريات وصل الى درجة من التقدم بفضل ابن الهيثم».

---

(١) إسهام المسلمين في الحضارة الانسانية ـ حيدر بامات ـ ترجمة د. عبدالقادر البحراوي ص ١٠١

(٢) إسهام المسلمين في الحضارة الانسانية ـ حيدر بامات ـ ترجمة د. عبدالقادر البحراوي ص ١٠٦

(٣) مجلة التقدم العلمي ـ العدد الثالث سنة ١٩٨٣ ص ٢٢

(٤) قدري طوقان: تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك ص ١٥٣

(٥) زهير الكتبي ـ الحسن ابن الهيثم ـ ص ٧ /

(٦) سارطون ـ مقدمة لتاريخ العلم م ـ ١ ـ ص ٦٩٨

واعترف العالم الفرنسي (لوتير فياردو)، بأن كبلر أخذ معلوماته في الضوء منه ولا سيما فيما يتعلق بالانكسار في الجو من كتب ابن الهيثم.

ويقول وجل ماكس «ان عظمة الابتكار الاسلامي تتجلى في البصريات»(١).

ويقول سونر «كان أحد أقطاب الرياضيين والطبيعيين العرب، وكان عالما بالطب وسائر علوم الأوائل خصوصا فلسفة أرسطو(٢) لقد بقي هذا العبقري طي النسيان مدة من الزمن لا يذكره العلماء ولا يعرفون قدره وفضله على العلم حتى أن كتبه ضاعت وتبعثرت ولكن هذا لم يدم طويلا فقد ألف أحد الرهبان البولونيين كتاباً في الضوء عام ١٢٧٠ اعتمد فيه على كتابين أحدهما لبطليموس والآخر لمؤلف عربي اسمه المحرف باللاتيني الهازن (AL hazen).

ونشر رزنر سنة ١٥٧٣م ترجمة لاتينية كاملة للأصل العربي للكتاب الذي ألفه الهازن، وسماه (Opticae The Saurws Alhozeni) أي الذخيرة في علم الأوبطيقي للهازن ويقع الكتاب في سبعة أجزاء وقد تبين ان فيتللو قد نقل كتابه هذا حرفيا عن كتاب الهازن وإن كان بشيء من تصرف قليل أو كثير إلا أن أفكاره كانت نفس ما في كتاب الهازن. ولم يقتصر تأثير كتاب الهازن على فيتللو فحسب بل تعدّاه الى كثير من علماء أوروبا امثال: روجر بيكون، وكبلر، وليوناردو دافنشي، وبرتيلو، وكروتستت وظل هذا الكتاب عمدة أهل أوروبا حتى القرن السابع عشر.

وإذا كان مؤلف كتاب الذخيرة بقي مجهولاً، فإن كتاب المناظر لابن الهيثم لا يمت بصلة لكتاب الذخيرة مما جعل العلماء يظنون أن الهازن هو ابو جعفر الخازن. لكن الغموض انجلى، فقد عثر «فيدمان» المستشرق الالماني على مخطوط عربي اسمه «تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر» من تأليف كمال الدين ابو الحسن الفارسي، والكتاب تنقيح لكتاب المناظر، فوازن فيدمان بينه وبين كتاب الذخيرة فوجدهما متشابهين، فتحقق فيدمان ان كتاب الذخيرة هو تأليف ابن الهيثم وأن الهازن هو الحسن بن الهيثم مزيف اسم الحسن وليس الخازن.

وعندها قال بريستلي «لقد أخطأ فيتللو في جل أقواله التي لم يحذ فيها حذو الهازن، إنه قرد مقلد»(٣) وانه لمن المفرح أن نجد بعض الهيئات والمعاهد العلمية أخذت تعترف بالعلماء

(١) زهير الكتبي ـ الحسن ابن الهيثم ـ ص ٥٩

(٢) العلوم البحتة ـ د. علي الدفاع ـ ص ٣١٥

(٣) زهير الكتبي ـ الحسن ابن الهيثم ـ ص ١٠٩

العرب ونوابغهم لما لهم من فضل على الحضارة الأوروبية حيث راحت تخلد اسماءهم وتحيي ذكراهم ، فقد قرر مجلس كلية الهندسة بجامعة الملك فؤاد إحياء ذكرى هذا العالم بمجموعة من المحاضرات القيمة التي يلقيها اساتذة متخصصون أطلق عليها اسم محاضرات ابن الهيثم التذكارية ، وكذلك الجمعية المصرية للعلوم الرياضية والطبيعية بالقاهرة أقامت حفلة كبرى لذكرى ابن الهيثم في مساء **١٩٣٩/١٢/٢١** .

ولعل أجود ما طرح في موضوع ابن الهيثم هو ما ألفه الاستاذ مصطفى نظيف .

ولسنا نود سرد ما قيل أكثر مما نريد ان ننسل بعض دواعي المقام الكريم الذي حظي به ابن الهيثم .

وأقامت جامعة حلب ندوة عالمية تبحث في تاريخ العلوم عند العرب اشترك فيها اساتذة من كافة اقطار العالم ، حيث ألقيت فيها محاضرات قيمة عن انجازات العلماء من المسلمين في كافة العلوم ، من طب وطبيعة وهندسة وفلك ، ومن ضمنها كانت محاضرة عن ابن الهيثم ، ناقشت رسالته أضواء في الكواكب واشاد المحاضر الدكتور محبوب عبيد بعبقرية ابن الهيثم وبأسلوبه في البحث . وما زال البحث والتنقيب عن تراث الحضارة العربية والاسلامية يكشف يوماً بعد يوم إنجازات عالمنا ابن الهيثم .

وأخذت بعض الهيئات العربية والاسلامية في وقتنا الحاضر تبرز علماءنا ومنهم ابن الهيثم في وسائلها الاعلامية من طوابع بريدية وأوراق نقدية تحمل صورته أو صور أبحاثه وتجاربه ، ومن الطريف أن نشير إلى أن ورقة النقد العراقية من فئة عشرة دنانير تحمل صورة لابن الهيثم وصورة لتجربة من تجاربه على العدسات المحدبة .

منهاجه العلمي

اتبع ابن الهيثم في بحوثه كلها ـ وخاصة ما يتعلق منها بعلم الضوء ـ منهاجاً علمياً بناه على الاستقراء في أغلب الأحيان وعلى الاستنتاج أحياناً أخرى وهو في ذلك كله يلجأ الى القياس، وكان سبيله الى ذلك المشاهدة والتجربة والملاحظة و كان يقوم بتجاربه على هذه الأسس كلها مرة بعد مرة.

وقد كانت قراءاته قراءآت فحص وحك ونقد وتصحيح وهذا الاتجاه يبدو واضحاً في مؤلفاته فهو ينحو منحى العالم المستقل تماماً بأفكاره وآرائه وكان يعرض ما يقرؤه من كتابات الأولين على محك التجربة فان وافق أخذ به وإلا فلا..

كان همه من وراء البحث الوصول الى الحقيقة التي تثلج صدره وكان يعلم أن هذا الكون ما هو إلا قطرة صغيرة من التراب تسبح في قطرة صغيرة من الضوء وأن الانسان مهما حاول أن يبحث ويكتشف فانه يبقى يطرق ابواب المجهول باباً تلو الآخر. فقد كان عالمنا متواضع النفس لا يغتر بما يتوصل اليه من حقائق وعلوم وما يؤلفه من كتب.

وكان ابن الهيثم سامي النفس لم يتخذ من العلم وسيلة من وسائل الابتزاز أو الارتزاق. وحتى حين استدعاه الحاكم وفرش له الأرض بالثروة رفضها وانطلق على رأس بعثة علمية يراقب ويختبر ويحسب ويجرب ويشاهد. وحين ولاه الحاكم منصباً وزارياً في ديوان الدولة أخذ يدبّر الحيل ليتخلص من هذا البلاء، فما له ولدواوين الدولة وماذا يصنع لو بقي بالقرب من الحاكم، فهو لا يريد مالاً ولا جاهاً ولا منصباً، انه لا يريد إلا العلم والبحث فتظاهر بالجنون حتى عزله الحاكم وولى عليه من يخدمه ويرعاه، وما أن توفي الحاكم حتى انطلق فرحاً مسروراً الى دار عند باب جامع الأزهر بعزم أقوى مما كان عليه ينسخ الكتب ويؤلف الرسائل والكتب وينقد ويصحح طوال ثمانية عشر عاماً حتى توفي.

إننا لنستغرب من نفسية هذا العالم الذي زهد بالدنيا وزخرفها من أجل خدمة العلم والاشتغال به في حين نجد أن هناك الكثير من علماء أوروبا من صرح بأن ما دفعه للعلم هو الفقر أو حب الرئاسة أو المنصب او الحصول على رغبة مادية، وهنا يقف الحسن بن الهيثم مغايرا لهذه الاتجاهات المادية ولعل هذا سبب يفسر كثرة ما ألف من كتب وما بحث، فالدافع هنا الرغبة الحقيقية البحته الصادقة التي قلما تتوفر في عالم من العلماء. فهو يقول: «ونجعل هدفنا استعمال العدل لا اتباع الهوى، وطلب الحق لا الميل مع الآراء».

وكان ابن الهيثم أمينا في نقل العلم لا ينسب ما قاله غيره لنفسه فهـو يقول:«إذا وجدت كلاماً حسناً لغيرك فلا تنسبه إلى نفسك ، واكتف باستفادتك منه ، فان الولد يلحق بأبيه ، والكلام بصاحبه ، وان نسبت الكلام الحسن الذي لغيرك إلى نفسك فينسب غيرك نقصانه ورذائله إليك»(١) .

وعندما يتعرض عالم من العلماء الى هزة نفسية نجده ينحو منحى فلسفيا خاصا ، لكن عندما تعرض الحسن لشيء من هذا حين فشل في مشروع الخزان صمد في مواجهة الحزن والشعور بخيبة الامل وظل يتحين الفرص حتى يعود لحياة البحث والتفكير ويشبع الرغبة الذاتية المولعة بالعلم .

وقد شرح ابن الهيثم هدفه من وضع كتبه ومؤلفاته قائلاً : «وأنا ما مدت لي الحياة باذل جهدي ومستفرغ قوتي في مثل ذلك متوخيا أموراً ثلاثة : الأول : افادة من يطلب الحق ويؤثره ، في حياتي وبعد مماتي .

الثاني : اني جعلت ذلك ارتياضاً لي بهذه الأمور في إثبات ما تصوره وأتقنه فكري من تلك العلوم .

الثالث : أني صيرته ذخيرة وعدة لزمان الشيخوخة وأوان الهرم»(٢) .

«وكان يعتقد أن تضارب الآراء وتناقضها ، ليس شهادة ضدها ، ولا ضد العلماء ، بل شهادة لهم فتضارب الآراء واحتكاكها ببعضها البعض ، هو الأسلوب الوحيد ، لظهور الحقيقة»(٣) .

ومما ساعد ابن الهيثم على انتهاج هذه الخطة العلمية أنه كان عالماً ورياضياً وفيلسوفاً نظرياً بالاضافة الى إحاطته بالعلوم الطبيعية : فالرياضيات مكنتـه من تنظيم بحـوثه ، والفلسفة ساعدته على حسن تخيل الأمور ، فقد درس فلسفة أرسطو وفهمها فهماً جيداً وأدرك أن الفلسفة المجردة والمعزولة عن دافع الحقائق لا يمكن أن تلعب دوراً مؤثراً في تطوير العقلية العلمية للانسان ولا يمكن أن تقـوم بتغيير الخـطأ واكتشاف الكـون والانسان .

---

(١) تاريخ حكماء الاسلام ـ البيهقي ص ٨٨

(٢) الحسن ابن الهيثم ـ دار العودة ـ بيروت ص ٢٩

(٣) الحسن ابن الهيثم ـ دار العودة ـ اسماعيل وآخرون ص ٣٠

فالفلسفة لديه هي فلسفة الأكتشاف . ولقد أعجب ابن الهيثم بمنطق ارسطو كما ذكرنا ، وقد أكسبه تفهمه الدقيق له مهارة في التنظيم عند تتبع البحث واجراء التجارب ، ثم انه حسّن التبويب في تدوين النتائج التي وصل إليها ، أضف إلى ذلك أن ابن الهيثم كان مخلصاً في طلب العلم . وقد جاء بألفاظ ومصطلحات فنية في علم الضوء وخصوصا فيما يتعلق بتشريح العين .

هذه الخطة التي سار عليها عالمنا ابن الهيثم في معالجة علم الضوء خاصة ، هي التي سماها الباحثون بالأسلوب العلمي ، وهذا الأسلوب العلمي هو الذي أدى الى النتائج الباهرة التي وصل إليها العقل الانساني في كل ميدان من ميادين العلم وفي كل منحى من مناحي الحياة .

ان كثيراً مما ينسب إلى روجر بيكون (ROGER BACON) من أنه أبو الاسلوب العلمي ـ والمبتكر لعديد من الحقائق في علم الضوء ـ قد أخذه روجر بيكون عن ابن الهيثم ثم نقله الى الغرب الأوروبي كما قال نفر من علماء الغرب أنفسهم ، وقد قيل إنّ صاحب الاسلوب العلمي هو فرانسيس بيكون وهذا أيضاً مخالفٌ للحقيقة وجوزيف هيل يقول في كتابه «الحضارة العربية» «إن الطريقة التي اتبعها ابن الهيثم في بحوثه وكشوفه هي المنهج العلمي ، ويكون بهذا قد سبق بيكون الذي ينسب اليه هذا المنهج » على أن لبيكون فضلاً وخدمات جليلة لا ننساها في هذا المضمار . والطريقة العلمية في البحث هي الطريقة التي يطلق عليها البعض الطريقة التجريبية لأهمية عنصر التجريب فيها .

والطريقة العلمية في البحث ليست سوى إحدى الطرق التي تؤدي الى التأكد من مطابقة نظرية أو نموذج نظري من واقع معين في هذا الكون . وبمعنى آخر هي إختبار مدى مطابقة هذه النظريات والفرضيات للواقع والحكم عليها بأنها حقيقة أم لا .

فالفرق بين النظرية والحقيقة . أن النظرية لم تصل إلى التأكد من مطابقتها للواقع ، بينما الحقيقة تكون مطابقة للواقع . والطريقة العلمية هذه تتكون من مراحل منظمة ومتدرجة . فأول ما تبدأ بالملاحظة التي هي من الواقع ، حيث تستدعي ملاحظة ما الباحث للوقوف عندها والتأمل . والملاحظة المقصودة هنا ليست أي ملاحظة عابرة بل الملاحظة العلمية التي يَتوقع منها الوصول الى نتيجة ذات أثر فعال في البناء العلمي .

وهذه تحتاج الى خلفية علمية سابقة فملاحظة الطفل لسقوط الأجسام سقوطاً حراً ليس كملاحظته من قبل العالم الباحث عن تسارع الجاذبية . ثم نقترح فرضية تحاول أن

تفسر هذه الملاحظات تفسيراً مقنعاً لا تثير شكوكاً أو تساؤلاً . فإن تمت الفرضية يأتي دور التجربة والاختبار للتأكد عملياً من مدى قدرة الفرضية على تفسير الملاحظات . ولا بد للتجربة أن تنحصر فقط في الغرض اللازم اختباره . وأن تهيأ الظروف الخاصة المرتبطة بها في حين نحاول ما استطعنا عزل الظروف الجانبية البعيدة عن مغزى التجربة . فإن صحت الفرضية ونجحت تكوّن لدينا معرفة جديدة . نحاول بعدها توسيع رقعة البحث لاستقراء ظواهر أخرى ، فان استطاعت الفرضية تفسير هذه الظواهر تكون قد تعممت لتشمل معارف جديدة . ولا نغفل ان الملاحظة العلمية الدقيقة هي تلك التي تكون مدعمة بوصف عددي أو كمي ، ويحاول التعبير عنها رياضياً . هذه الطريقة العلمية الحديثة يعود الفضل في معظمها لابن الهيثم الذي لم يكتف بالتحدث عنها بل عمد إلى أمثلة دقيقة لشرح كل مرحلة من مراحلها . بالإضافة إلى أنها كانت واضحة كل الوضوح خلال بحوثه وتطبيقاته كما سنرى إن شاء الله .

ابن الهيثم والرياضيات

ان الرياضيات هي ملكة العلوم فهي ترفدها جميعا ولا يستغنى عنها في فرع من فروع العلم ، ولما كان ابن الهيثم قد برع في الفيزياء والهندسة وغيرها فان هذا يؤكد تضلعه في علم الرياضيات البحته بفروعها المختلفة التي كانت معروفة في زمانه .

لقد وضع ابن الهيثم ما يزيد على الثلاثين مؤلفا في الرياضيات بفروعها المختلفة نذكر منهـــا :

(١) شرح مصادرات اقليدس .
(٢) مقالة في حساب المعاملات .
(٣) كتاب في بركار القطوع .
(٤) مقالة في اصول المساحة .
(٥) مقالة في مساحة الدائرة .
(٦) مقالة في مساحة المجسم المكافىء .
(٧) مقالة في أنّ الكرة اوسع الاشكال المجسمة التي احاطتها متساوية وان الدائرة اوسع الاشكال المسطحة التي احاطتها متساوية .
(٨) مقالة في خواص القطع المكافىء .
(٩) مقالة في خواص القطع الزائد .
(١٠) مقالة في حل شك من مجسمات اقليدس .
(١١) قول في استخراج ضلع المكعب .
(١٢) قول في مسألة عددية .
(١٣) مقالة في حساب الخطأين .
(١٤) مقالة في علل الحساب الهندي .
(١٥) مقالة في خواص المثلث من جهة العمود .
(١٦) مقالة في خواص الدوائر .
(١٧) مقالة في شكل بني موسى .
(١٨) مقالة في عمل المسبع في الدائرة .

(١٩) قول في مسألة عددية مجسمة.
(٢٠) قول في مسألة هندسية.
(٢١) مقالة في اعظم الخطوط التي تقع في قطعة الدائرة.
(٢٢) قول في استخراج مسألة عددية.
(٢٣) كتاب الجامع في اصول الحساب.
(٢٤) تربيع الدائرة.
(٢٥) قول في قسمة الخط الذي استعمله ارشميدس في كتاب الكرة والاسطوانة.
(٢٦) مقالة في قسمة الزاوية ثلاثة اقسام.
(٢٧) مقالة في استخراج ما بين بلدين في البعد بجهة الامور الهندسية.

وغيرها

وقدْ سلك ابن الهيثم في ابحاثه الرياضية الواضحة في مؤلفاته طرقاً لم يسلكها المتقدمون واساليب جديدة كل الجدة في البراهين مما يدل على استقلال تفكيره وبعد نظره وقوة ابداعه وعلو كعبه في الفن الرياضي.

ولا شك ان ابن الهيثم قد بلغ القمة في العلوم الرياضية وغيرها الامر الذي جعله يدلي بآرائه الخاصة ويعترض على آراء اولئك الذين اعتبرت آراؤهم مقدسة لا سبيل الى مناقشتها.

وفيما يلي سنستعرض نماذج مما احتوت عليه ابحاث ابن الهيثم، وهي ليست الا نماذج للعبقرية الرياضية الفذة التي كان يتمتع بها هذا العالم العظيم.

*** * حول رسالة خواص المثلث من جهة العمود:**

ومن المؤلفات الرياضية لابن الهيثم «رسالة في خواص المثلث من جهة العمود» وهي عبارة عن مقالة وضع فيها نظريات هندسية بشأن المثلثات.

يبدأ ابن الهيثم رسالته بقوله:

«ان المتقدمين من المهندسين نظروا في خواص المثلث المتساوي الاضلاع فظهر لهم ان كل نقطة تفرض على ضلع من اضلاع المثلث المتساوي الاضلاع ويخرج منها عمودان على ضلعي المثلث الباقيين فإن مجموعهما مساوٍ لعمود المثلث فدونوا ذلك واثبتوه في كتبهم.

ونظروا في أعمدة المثلثات الباقية فلم يجدوا لها نظاما تاماً ولا ترتيباً فلم يذكروا فيها شيئاً.

ولما كان الحال هذه، دعتنا الحاجة الى النظر في خواص المثلثات فوجدنا لأعمدة المثلث المتساوي الساقين نظاماً مطرداً ووجدنا لأعمدة المثلث المختلف الاضلاع أيضا نظاماً مطرداً، فلما تبين لنا ذلك القينا فيه هذه المقالة»(١).

وبعد هذه المقدمة يبدأ ابن الهيثم بتفصيل ما توصل اليه المتقدمون من خواص المثلث المتساوي الاضلاع.

وبعد ذلك يبدأ ابن الهيثم بعرض ما توصل اليه بنفسه، ونعرض هنا النظريات التي توصل إليها دون الخوض بالبراهين لكل النظريات، وسنعرضها بلفظ ابن الهيثم:

*** نظريـــة (١).**

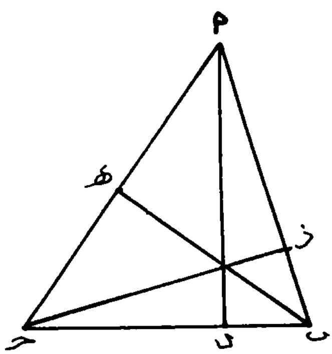
«كل مثلث يخرج من زواياه اعمده فان شبه الضلع الى الضلع بالتكافىء مثال ذلك مثلث (أ ب حـ) خرج فيه أعمـدة (أ د)، (ب هـ)، (حـ ز) فاقـول ان نسبة عمـود (أ د) الى عمود (ب هـ) كنسبة (أ حـ) الى (حـ ب) وان نسبة عمود (أ د) الى عمود (حـ ز) كنسبة (أ ب) الى (ب حـ)»(٢)

والبرهان الذي يقدمه بلغة العصر الحديث:

∠ د = ∠ هـ = ٩٠°

∠ د حـ أ مشتركة فان المثلثان (أ حـ د)، (ب حـ هـ) متشابهان ومنه:

(أ حـ) / (حـ ب) = (أ د) / (ب هـ)

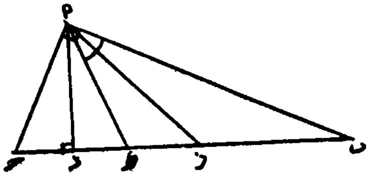


شكل (١) نظرية (١)

(١) رسالة في خواص المثلث من جهة العمود ـ الحسن بن الهيثم

* **نظريــة (٢) :**

«وأيضا فان كل مثلث قائم الزاوية مختلف الاضلاع خرج من زاويته القائمة عمود على القاعدة ثم نفصل من اعظم قسمي القاعدة من اصغرهما ونوصل بين نهايته وبين الزاوية القائمة بخط ثم نقسم الزاوية التي تبقى من الزاوية القائمة بنصفين فان الجزء الذي ينفصل من القاعدة بين الخط الذي يقسم الزاوية وبين مسقط العمود مساوٍ للعمود»



شكل (٢) نظرية (٢)

«مثال ذلك مثلث (أ ب حـ) زاوية (أ) منه قائمة وخرج منها عمود (أ د) وفصل (د هـ) مثل (د حـ) ووصل (أ هـ) وقسمت زاوية (ب أ هـ) بنصفين بخط (أ ز) فأقول أن (ز د) مثل د أ)[١]

والبرهان الذي يقدمه بلغة العصر الحديث :

< هـ أ د = < د أ حـ

∴ < هـ أ د = ١/٢ < هـ أ حـ

لكن < هـ أ ز = ١/٢ < هـ أ ب

∴ < ز أ د = ١/٢ < ب أ حـ = ١/٢ قائمة

لكن < أ د ز = قائمة

∴ < أ ز د = ١/٢ قائمة ومنه المثلث أ د ز متساوي الساقين أي أن :

أ د = ز د .

* **نظريــة (٣) :**

«كل مثلث متساوي الساقين يفرض على قاعدته نقطة كيفما اتفقت ويخرج منها عمودان على ضلعي المثلث فان مجموعهما مساوٍ للعمود الخارجي من طرف القاعدة على ضلع المثلث ، كانت زاوية المثلث التي يحيط بها الضلعان المتساويان حادة او منفرجة أو قائمة»[٢]

---

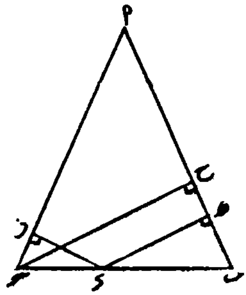
(١) المرجع السابق .

(٢) المرجع السابق .

فمثلاً لو كان المثلث أ ب حـ متساوي الساقين فيه أ ب = أ حـ وفرضنا نقطة (د) على القاعدة (ب حـ) وانزلنا الاعمدة (د هـ) ، (د ز) على الاضلاع (أ ب) ، (أ حـ) على الترتيب فان

د هـ + د ز = حـ ج

كما في الشكل



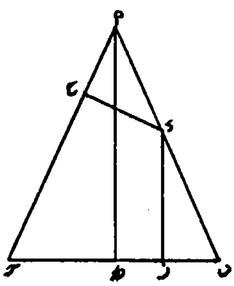
شكل (٣) نظرية (٣)

*** نظريـــة (٤) :**

ثم يقدم ابن الهيثم نظرية اخرى تتعلق في المثلث المتساوي الساقين ولكن هنا تكون النقطة المفروضة على احد سيقان المثلث فيقول :

«وأيضا فانا نعيد الصورة ، والنقطة المفروضة على ضلع (أ ب) ولتكن (د) ونخرج منها عمودي (د ز) (د ح) ونخرج عمود (أ هـ)» (١)

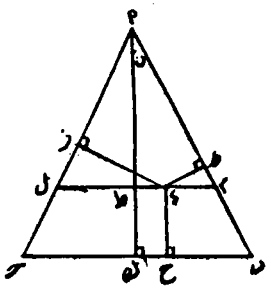
«فأقول ان عمودي (د ز) ، (د ح) مثل عمود (أ هـ)»(٢)



شكل (٤) نظرية (٤)

*** نظريـــة (٥) :**

«وأيضاً فانا نعيد المثلث المتساوي الساقين وليكن المثلث (أ ب حـ) والنقطة (د) وهي في داخل المثلث ولنخرج منها اعمدة (د هـ) ، (دز) ، (د ح) ، ونخرج من نقطة (د) خطا موازيا لخط (ب حـ) وليكن (م د ل) ، ونخرج عمود (أ ك) ونجعل نسبة (أ ط) الى (ط ن) كنسبة (أ ب) الى (ب حـ) ألتي هي نسبة (أ م) الى (م ب) فاقول بأن اعمدة (د هـ) ، (د ز) ، (د ح) مجموعة مثل عمود (ن ك)»(٣)



شكل (٥) نظرية (٥)

---

(١) هنا انقطاع في سياق النظرية لان ابن الهيثم يضمن هنا خطوات يستفيد منها في البرهان والذي لا يهمنا هنا .

(٢) خواص المثلث من جهة العمود ـ الحسن بن الهيثم .

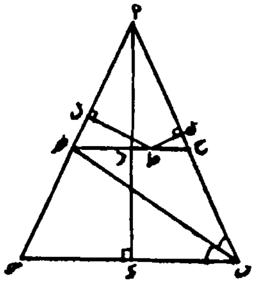
(٣) المرجع السابق

والمقصود هنا بان (ن) هي نقطة على أ ك بحيث يكون

$$\frac{\text{أ ط}}{\text{ط ن}} = \frac{\text{أ ب}}{\text{ب حـ}} = \frac{\text{أ م}}{\text{م ب}}$$

* نظريــة (٦)

«وأيضاً فإنا نعيد المثلث المتسـاوي الساقـين وليكن مثلث (أ ب حـ) ونقسم زاوية (أ ب حـ) منه بنصفين بخط (ب هـ) ونخرج (هـ ح) موازيا للقاعدة (ب حـ) ونخرج عمود (أ ز د) فاقول ان كل نقطة تفرض على خط (هـ ح) ويخـرج منها عمـودان عـلى خـطي (إ هـ)، (أ ح) فـانهما مجموعان مساويان لعمود (ز د)»(١).



شكل (٦) نظرية (٦)

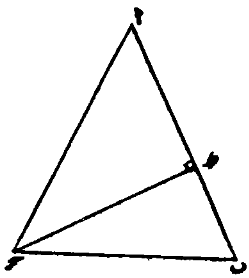
أي انه لو رمزنا للنقطة المفروضة على (هـ ح) بالرمز (ط) فان:

ط ك + ط ل = ز د (انظر الشكل)

حيث (ط ك) عمود على (أ ح)، (ط ل) عمود على (أ هـ).

* نظريــة (٧):

«كل مثلث متساوي الساقين حاد الزوايا فان زيادة ضلعية الذي هو احد ساقيه على عموده الذي يقع على ذلك الضلع، وزيادة العمود عـلى مسقط مجراه وضعف مسقط الحجر فالثلاثة متوالية على نسبة واحدة، فليكن المثلث (أ ب حـ) متساوي ساقي (أ ب)، (أ حـ) وزواياه الثلاث حادة وليخرج فيه عمود (حـ هـ) فاقول ان زيادة (أ ب) على (حـ هـ) وزيادة (حـ هـ) على (هـ ب) وضعف (هـ ب) الثلاثة متوالية على نسبة واحدة»(٢).



شكل (٧) نظريـة (٧)

ويمكن اعادة صياغة هذه النظرية بالصيغة التالية:

---

(١) المرجع السابق.

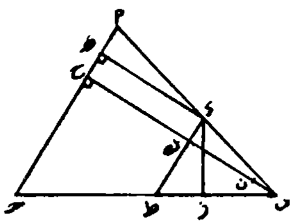
(٢) المرجع السابق

اذا كان (أ ب حـ) مثلث متساوي الساقين حاد الزوايا واذا انزلنا من (حـ) على (أ ب) العمود (حـ هـ) فإن :

$$\frac{\text{أ ب - حـ هـ}}{\text{حـ هـ - ب هـ}} = \frac{\text{حـ هـ - ب هـ}}{\text{٢ هـ ب}}$$

* نظريـــة (٨) :

«وأيضا فليكن مثلث (أ ب حـ) مختلف الاضلاع ولنفرض على ضلع من اضلاعه اي ضلع كان نقطة ولتكن نقطة (د) ولنخرج من نقطة (د) عمودي (د هـ)، (د ز) ونخرج عمود (ب ح) ونخرج (د ك ط) موازيا لخط (أ حـ) ونجعل نسبة (ب ك) الى (ك ن) كنسبة (ب حـ) الى (حـ أ) فـأقول ان عمـودي (أ حـ)، (د ز) مساويـان لعمـود (ن ح)»(١)



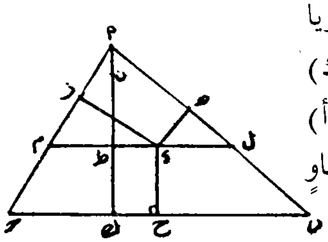
شكل (٨) نظرية (٨)

حيث المقصود هنا ان (ن) هي نقطة تقع على ب ح بحيث ان :

$$\frac{\text{ب ك}}{\text{ك ن}} = \frac{\text{ب حـ}}{\text{حـ أ}}$$

* نظريـــة (٩)

«ولنعد المثلث المختلف الاضلاع وليكن (أ ب حـ) ولنفرض في داخله نقطة (د) كيفما اتفق ولنخرج منها اعمدة (د هـ)، (د ز)، (د ح) ونجيز على نقطة (د) خطاً موازياً لخط (ب حـ) وليكن (ل د م) ونخـرج عمـود (أ ط ك) ونجعل نسبة (أ ط) الى (ط ن) كنسبة (ب حـ) الى (حـ أ) فاقول ان مجموع اعمدة (د هـ) (د ز)، (د ح) الثلاثة مساوٍ لعمود ن ك»(٢).



شكل (٩) نظرية (٩)

(١) المرجع السابق.

(٢) المرجع السابق

المقصود هنا بان ن هي نقطة تقع على أ ك بحيث أن :

$$\frac{\text{أ ط}}{\text{ط ن}} = \frac{\text{ب حـ}}{\text{حـ أ}}$$

وبعد ان يقدم ابن الهيثم البرهان على هذه النظرية يختتمه بقوله :

«وهذا البرهان مطرد في جميع المثلثات القائمة والحادة والمنفرجة المختلف الاضلاع والمتساوي الاضلاع ، وذلك ما أردنا ان نبين»(١) .

وهنا تنتهي رسالة خواص المثلث من جهة العمود .

** ❊ ❊ حول رسالة المساحة :**

وقد وضع ابن الهيثم مقالة ذات صبغة عملية يفيد فيها المساحين في عملهم وقد تضمنت هذه المقالة قوانين مساحات المثلث والدائرة وحجوم الكرة والمخروط والاسطوانة وغير ذلك .

وقد وضع ابن الهيثم في نهاية هذه الرسالة ملخصاً تحت عنوان «اقتصاص اعمال المساحة المذكورة في هذا القول» فهو يقول في نهاية المقالة .

«لأن المستعمل من جميع ما ذكرناه في صناعة المساحة هو العمل فقط ولأن المساح ليس يستعملون في شيء من المساحات شيئاً من البراهين فوجب ان يقتصص من جملة ما شرحناه في هذا القول الاعمال التي ذكرناها لتكون متيسرة متسهلة على من أراد ان يقيس صناعة المساحة وينتفع باعمالها»(٢)

وبعد ذلك يقدم الملخص المذكور آنفا .

وفيما يلي سنتعرض لأهم إنجازين وردا في الرسالة :

أ ـ استخراج قطر كرة عمليا

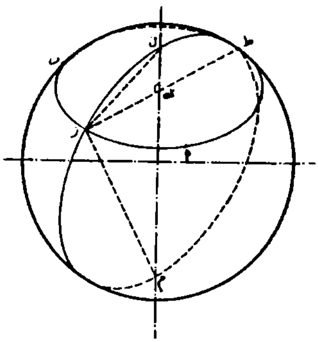
يضع ابن الهيثم في هذه الرسالة طريقة عملية للحصول على طول قطر كرة مجسمة وذلك من أجل إيجاد حجمها :

وتتلخص طريقته في النقاط التالية :

(١) المرجع السابق

(٢) رسالة في المساحة ـ الحسن بن الهيثم .

- نأخذ بركارا ونفتحه فتحة مناسبة ونركزه في اي نقطة من نقاط سطح الكرة ولتكن (ب) انظر شكل (١٠) ثم نخط دائرة على سطح الكرة ونسمي هذه الدائرة دا .
- نبقي هذا البركار على حاله لاننا سنستعمله فيما بعد
- الآن نريد ان نعين طول قطر الدائرة دا ويكون ذلك بان نختار اي نقطتين على هذه الدائـرة مثل نقـطتي (أ)، (ب) اللتـان تقسمان دا الى قـوسـين ، نقسم هـذين القوسين كل واحد منهما الى قسمين متساوين ، وذلك باستعمال بركار ، ولتكن نقـاط التقسيم الحاصلة هي (ز) ، (ط) فيكون (ز ط) هو قطر الدائرة دا .



شكل (١٠)

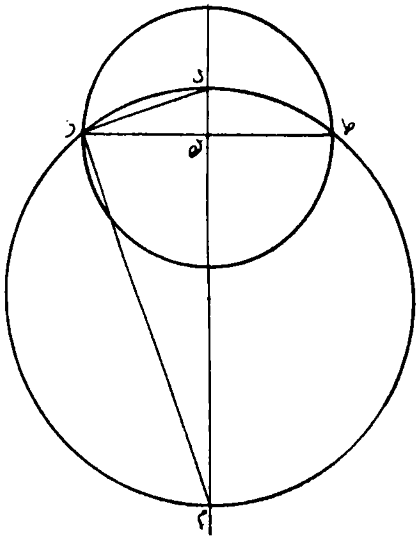
طريقة ابن الهيثم في تعيين قطر كرة مجسمة

- ننقل الطول ز ط على سطح مستوي ، (انظر شكل ١١)
- نعين منتصف (ز ط) وليكن نقطة (ك) ونقيم من ك عمـودا على (زط) ونمـده من الجهتين
- نأتي بالبركار الاول الذي ابقيناه على حاله ونركزه في (ز) (او في ط) ونقطع العمود في نقطة (ل) . (انظر شكل ١١)
- نقيم من نقطة (ز) عمودا على (ل ز) وليقطع امتداد العمود (ل ك) في نقطة (م)
- يكون الطول ل م هو قطر الكرة .
- ويمكن الاستنتاج بان :

$$\text{ل م} = \frac{(\text{ز ك})^2}{\text{ل ك}} + \text{ل ك}$$

- بعد ان نكون قد اوجدنا القطر وليكن طول ق فان حجم الكرة :

$$\text{ح} = \frac{٤}{٣} \left(\frac{\text{ق}}{٢}\right)^٣ \text{ط}$$



شكل (١١)

وانه لمن الممتع حقا ان نستمع لابن الهيثم بلفظه الخاص كيف يشرح هذه العملية، وقد أخذنا النص من الملخص الذي وضعه في ذيل رسالته تجنبا للإطالة، فهو يقول:

«واستخراج قطر الكرة يكون بأن نرسم في سطح الكرة دائرة كيفما اتفق ببركار نجعل إحدى رجليه على سطح الكرة ونخط بالرجل الأخرى دائرة على سطح الكرة ثم نرسم على محيط هذه الدائرة نقطتين فتنقسم الدائرة بقوسين فنقسم كل واحدة من القوسين بنصفين ببركار آخر نقدّر به محيط هذه الدائرة، فإذا انقسمت كل واحدة من القوسين بنصفين فقد انقسم المحيط بنصفين فنجعل احدى رجلي البركار الثاني على احدى النقطتين المتقابلتين ونفتح الرجل الاخرى الى ان تصير النقطة المقابلة لها، ثم نثبت رجلي هذا البركار في سطح مستو ونعلم برجليه علامتين ثم نوصل بين العلامتين بخط مستقيم ونخرج من وسط الخط عمودا على الخط ثم نجعل احدى رجلي البركار الاولى على طرف الخط المقسوم ونحرك الرجل الاخرى الى ان تلقى العمود ثم نعلّم على موضع رجليه من العمود نقطة ونقدر نصف الخط المقسوم ونقدر ما انفصل من العمود ونضرب مقدار من العمود ونضرب مقدار نصف الخط في مثله ونقسم على مقدار العمود فما خرج أضيف اليه العمود فما اجتمع فهو قطر الكرة فاذا حصل قطر الكرة، ضرب في مثله ونقص منه سبعه ونصف سبعه فما بقي فهو مساحة اعظم دائرة تقع في الكرة ثم نضرب هذا الذي هو مساحة الدائرة، في ثلثي قطرها فما خرج فهو مساحة الكرة»(١).

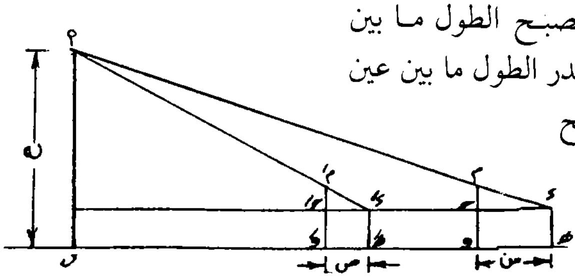
وهو هنا يقصد بمساحة الكرة حجم الكرة وليس مساحة سطح الكرة.

(١) رسالة في المساحة

ب ـ **استخراج ارتفاعات الأجسام :**

ويورد ابن الهيثم في هذه الرسالة طريقة عملية لقياس ارتفاعات الأجسام تتلخص فيما يلي :

- نأخذ عموداً خشبياً مستقيماً طوله حوالي (٥) أذرع ونقيس عليه من طرفه مسافة ذراع واحد ونضع عليه علامة النقطة (حـ) في الشكل المرادف ـ نفرز العمود عموديا على سطح الأرض وذلك باستعمال خيط الشاقول وهو خيط في طرفه ثقل .
- يدق العمود في الارض بحيث يصبح الطول ما بين سطح الارض والعلامة (حـ) بقدر الطول ما بين عين المساح وسطح الارض (اي تصبح نقطة د على مستوى نقطة حـ) .



شكل (١٢) قياس ارتفاعات الأجسام

- يتحرك المساح بحيث تصبح عينه (د) ورأس العمود (م) وقمة الجسم على استقامة واحدة .
- يعين المساح موضع وسط قدميه (هـ) ويقيس المسافة ما بين (هـ) ونقطة التقاء العمود الخشبي بسطح الأرض (و) ولتكن هذه المسافة=س .
- يصل المساح المستقيم (هـ و) ويمده بقدر استطاعته على استقامته .
- تؤخذ اي نقطة على استقامة (هـ و) ولتكن (وَ) ويفرز فيها العمود وتتبع نفس الخطوات السابقة فنقيس المسافة (هـَ وَ) ولتكن ص .
- تقاس المسافة ما بين موضع القدمين في الحالتين هـ هـ ولتكن ف .
- يكون الارتفاع المطلوب مقاساً بالأذرع معطى بالقانون .

$$ع = \frac{ف}{س - ص}$$

* * **حول كتابه «قول في حل مسألة عددية» :**

وقد وضع ابن الهيثم مؤلفا تحت عنوان «قول في حل مسألة عددية»

والمسألة التي يتعرض لحلها ابن الهيثم في هذا الكتاب هي «ايجاد عدد يقبل القسمة على (٧) بحيث اذا قسم على (٢) او (٣) او (٤) او (٥) او (٦) كان باقي القسمة واحداً»

وقد وجد ابن الهيثم بان للمسألة اكثر من حل فوضع قانوناً للحلول برهن على صحته ثم عمم القانون بحيث ينطبق على اي عدد غير (٧) .

وهذه الرسالة تبين أن ابن الهيثم كان متضلعا في نظرية الأعداد .

*** * حول ما توصل له ابن الهيثم بشأن مجموع المتسلسلات :**

لقد أولى ابن الهيثم اهتماما بتطوير متسلسلتي الاس الثالث والرابع للاعداد الطبيعية ، وهي بلغة العصر الحديث : $\sum_{ر=١}^{ن} ر^{٣}$ ، $\sum_{ر=١}^{ن} ر^{٤}$

وكان ذلك عندما حاول حساب حجم المجسم الناتج عن دوران قطعة قائمة من قطع مكافىء حول محور عمودي على محور تماثلها .

*** * حول كتاب شرح مصادرات اقليدس :**

لعل أهم الكتب التي كتبها ابن الهيثم حول كتاب الاصول لاقليدس هو كتابه شرح مصادرات اقليدس .

ونظراً لاهمية الموضوع واثره في العلم الحديث فإننا سنقدم شرحاً مختصراً للقضية من بدايتها :

ان كتاب الاصول لاقليدس يحوي (١٣) جزء كل جزء سمي كتاباً وقد كانت الكتب من (١ ـ ٦) تبحث في الهندسة المستوية والكتب من (٧ ـ ١٠) تحوي الحساب ونظرية الاعداد ، أما الكتب الباقية (١١ ـ ١٣) فتعالج الهندسة المجسمة .

لقد وضع اقليدس في بداية كتابه (٢٣) تعريفاً تتعلق بتعريف النقطة والخط والمستوى والزاوية وانواعها والاشكال واجزائها . . وبعد ذلك وضع اقليدس عشر فرضيات استند اليها في اشتقاق نظريات الهندسة الاقليدية المعروفة .

وكانت هذه الفرضيات مقسومة الى مجموعتين :

الخمس الاولى سماها بالمفاهيم العامة أو البديهيات (Common notions) وهي :

(١) الاشياء المساوية لشيء واحد متساوية فيما بينها .

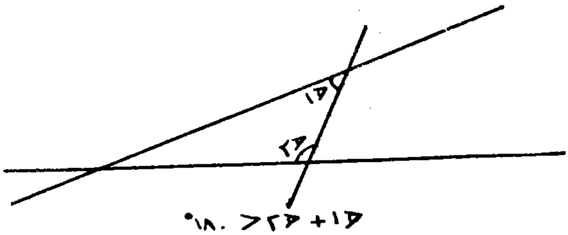
(٢) اذا اضفنا كميات متساوية الى اخرى متساوية تبقى النواتج متساوية .

(٣) اذا طرحنا كميات متساوية من اخرى متساوية تبقى البواقي متساوية .

(٤) الاشياء المتطابقة متساوية .

(٥)	الكل أكبر من جزئه .

أما المجموعة الثانية فقد سماها بالمسلمات أو (المصادرات) (Postulate) وهي :



شكل (١٣)

مسلمة التوازي

(١)	من الممكن الوصول بين نقطتين بخط مستقيم .

(٢)	يجوز مد قطعة المستقيم من جهتيها الى غير حد .

(٣)	يمكن رسم الدائرة اذا علم مركز ونصف قطرها .

(٤)	جميع الزوايا القوائم متساوية .

(٥)	اذا قطع مستقيمان بمستقيم ثالث بحيث كان مجموع الزاويتين الداخليتين الواقعتين على جهة واحدة من القاطع اقل من قائمتين فان المستقيمان يتلاقيان في تلك الجهة من القاطع اذا مدا الى غير حد .

لقد اعتقد الرياضيون وعلى مدى الفي سنة بان المسلّمة الخامسة ارقى من ان تكون مسلّمة لا تحتاج الى برهان بل اعتقدوا بأنه يمكن البرهنة عليها اعتمادا على المصادرات الاربعة الباقية ولسوء الحظ فقد باءت محاولاتهم بالفشل حيث كان الرياضيون في اثناء محاولاتهم حل هذه المعضلة ، كانوا يضعون مسلمة اخرى مكافئة لها ، من حيث يعلمون او لا يعلمون ويعتمدون على هذه المسلمة المكافئة في البرهان . لذا فقد تجمع عبر هذا الزمن الطويل عدد كبير من المكافئات للمسلمة الخامسة ومن هذه المكافئات :

(١)	لا يمكن رسم أكثر من مواز واحد لمستقيم من نقطة خارجة عليه .

(٢)	البعد بين مستقيمين متوازيين ثابت لا يتغير .

(٣)	مجموع زوايا المثلث يساوي قائمتين .

(٤)	اذا احتوى الشكل الرباعي على ثلاث زوايا قوائم فان زاويته الرابعة تكون قائمة . .

وغيرها .

اما عالمنا ابن الهيثم «فقد بدأ برهانه بشكل رباعي ذي ثلاث زوايا قائمة (ويعرف أحيانا برباعي لامبرت اعترافا بجهود لامبرت في القرن الثامن عشر) وظن ابن الهيثم انه قد اثبت ان الزاوية الرابعة يجب ان تكون دوما قائمة . ومن هذه النظرية من الشكل الرباعي تأتي المصادرة الخامسة»(١) .

وقد بنى ابن الهيثم برهانه لهذه النظرية على فرض ان المحل الهندسي لنقطة تتحرك على بعد ثابت من خط مستقيم معطى هو خط مواز لهذا المستقيم المعطى .

وواضح ان هذا الافتراض هو المكافئة الثانية الواردة اعلاه .

ان عدم قدرة استاذنا ابن الهيثم على برهنة المسلمة الخامسة لا يضيره من قريب او بعيد . . ذلك انه ثبت في أواسط القرن التاسع عشر بانه من المستحيل البرهنة على المسلمة الخامسة اعتمادا على المصادرات الاربعة الباقية .

واثبات ذلك انه يمكن استبدال المسلمة الخامسة بنقيضها ونبقى نشتق النظريات الهندسية دون ان نعثر على تناقض يناقض المسلمات والبديهيات الاخرى ومن هنا نشأت الهندسات اللاإقليدية .

وإيضاح ذلك نسوقه فيما يلي(٢) :

ان من مكافئات المسلمة الخامسة انه «من نقطة خارجة عن مستقيم معلوم يمكن رسم خط موازٍ واحد وواحد فقط للمستقيم المعطى»

والمقصود بالخط الموازي هو الذي لا يلقى المستقيم المعطى مهما امتدا .

إن نقيض هذه المسلمة يحتمل وجهين :

(١) يمكن رسم أكثر من مواز واحد لمستقيم من نقطة خارجة عنه ، وقد اثبت انه اذا استطعنا ان نرسم أكثر من مواز واحد فإنه بالإمكان رسم عدد لا نهائي من الخطوط .

---

(١) اسهام علماء المسلمين في الرياضيات ـ الدكتور علي عبدالله الدفاع

(٢) لقد فضلنا ان نوضح مفهوم الهندسات اللاإقليدية حتى لا نترك القضية معلقة دون حل .

(٢) الوجه الثاني أنه لا يمكن رسم أي مواز لمستقيم من نقطة خارجة عنه .

إذا وضعنا النقيض الأول بدل المسلمة الخامسة لاقليدس وبدأنا باشتقاق الهندسة المعتمدة على هذا النقيض فإنه ينتج صرح جديد من الهندسة هو الهندسة الزائدية (او الهذلولية) (Hyperbolie Geometry)

أما إذا وضعنا النقيض الثاني بدل مسلّمة اقليدس الخامسة فإنه ينتج صرح آخر من الهندسة هو الهندسة الناقصية (او الاهليليجية Eliptic Geometry) وهكذا يمكن وضع الهندسة الثلاثة في الجدول التالي :

عدد الخطوط الموازية الممكن رسمها	نوع الهندسة
١	المستوية (الاقليدية)
صفر	الناقصية (الاهليليجية)
∞ (لا نهائي)	الزائدية (الهذلولية)

وفي عالم افتراضي ثنائي الابعاد : فإن هندسة هذا العالم تكون اقليدية اذا كان هذا العالم سطحاً مستوياً (Plane)

وتكون هندسته ناقصية اذا كان سطحاً محدباً مثل سطح الكرة .

وتكون هندسته زائدية اذا كان سطحا مقعراً مثل سطح سرج الحصان (السطح المكافىء الزائدي (Hyperbolic parabotic) .

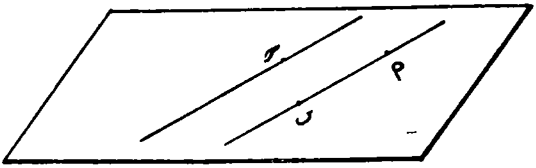
ويستبدل مفهوم الخط المستقيم في هذه الهندسات بمفهوم اكثر عمومية هو الخط الجيوديسي (اقصر مسافة بين نقطتين ضمن الفضاء المعطى) . وهو على سطح الكرة مثلاً دائرة عظمى .

ومن الجدير بالذكر ان الهندسة اللاإقليدية وجدت طريقها الى التطبيق في النظرية النسبية حيث ينتج من النظرية النسبية العامة أن الفضاء ليس اقليديا (مستوياً) ولكن منحنياً وتعتمد انحناءاته حسب توزيع الكتلة في الفضاء .

الهندسة الاقليدية : من نقطة خارجة على الخط الجيوديسي أ ب (خط مستقيم) يوجد مواز واحد

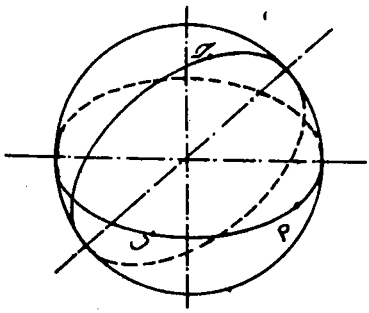
الهندسة الناقصية : من نقطة خارجة على الخط الجيوديسي أ ب (دائرة عظمى) لا يمكن رسم اي مواز

الهندسة الزائدية : من نقطة خارجة عن الخط الجيوديسي أ ب يمكن رسم عدد لا نهائي من الموازيات .



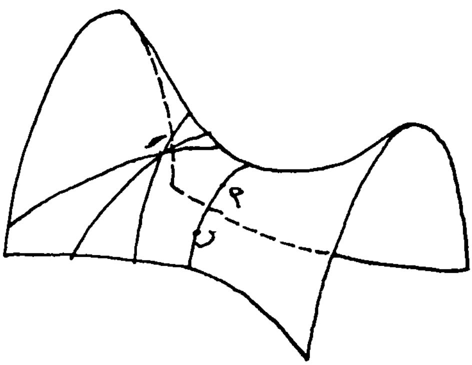
شكل (١٤)

الهندسة الاقليدية : من نقطة خارجة على الخط الجيوديسي أ ب (خط مستقيم) يوجد موازٍ واحد



الهندسة الناقصية:من نقطة خارطة على الخط الجيوديسي
أ ب (دائرة عظمى) لا يمكن رسم أي مواز

شكل (١٥)



الهندسة الزائدية : من نقطة خارطة عن الخط
الجيوديسي أ ب يمكن رسم عدد لا نهائي من الموازيات

شكل (١٦)

إبن الهيثم وعلم الضوء

يعتبر ابن الهيثم مؤسساً لعلم الضوء، حيث ألف كتابه المناظر بمقالاته السبع بعد موت الحاكم بأمر الله سنة ٤١١هـ (١٠٢١م)، حيث يعتبر هذا الكتاب من أثمن التراث العلمي العربي لما يحتويه من ذخائر خالدة وقد جعل من علم الضوء علماً بالمعنى الحديث.

وقد قام ابن الهيثم بصرف الكثير من الوقت للقيام بالتجارب وتصميم الأجهزة وتنفيذها ووضع البراهين النظرية لما يبتكره.

ان أثر ابن الهيثم في علم الضوء مثل أثر نيوتن في علم الميكانيك، فنيوتن يعتبر مؤسس علم الميكانيك وكذلك ابن الهيثم يعتبر مؤسسا لعلم الضوء، حيث جمع المعلومات المشتته في هذا الميدان ولم شعث المعرفة التي سبقته وأعاد تحقيقها وتصحيحها حتى أرسى للعالم القاعدة الصلبة لعلم الضوء.

*مؤلفاته في علم الضوء:

لابن الهيثم العديد من المؤلفات في علم الضوء مثل: مقالة في المرايا المحرقة بالقطوع، ومقالة في المرايا المحرقة بالدائرة.. وغيرها.

إلا أن أهم مؤلفاته دون شك هو كتابه «المناظر» الذي ألفه عام ١٠٢١م والذي يحتوي علي سبع مقالات في علم الضوء.

وفيما يلي نقدم فهرساً موجزاً لكتابه المناظر كما ذكره بنفسه(١)

المقالة الأولى: في كيفية الإبصار بالجملة: وتشمل الفصول التالية:

صدر الكتاب «هذا الفصل هو المقدمة وهو من أجلّ ما كتب من المقدمات للكتب العلمية، أودعه ابن الهيثم طريقته التي سلكها في مباحث الكتاب»(٢).

في البحث عن خواص البصر - في البحث عن خواص الأضواء وعن كيفية اشراق الأضواء - فيما يعرض بين البصر والضوء - في هيئة البصر - في كيفية الابصار - في منافع آلات البصر - في علل المعاني التي لا يتم الابصار إلا بها وباجتماعها.

(١) الحسن ابن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية - الأستاذ الدكتور مصطفى نظيف بك ص ٥-٧

(٢) الحسن ابن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية - الأستاذ الدكتور مصطفى نظيف بك ص ٥

المقالة الثانية : في تفصيل المعاني التي يدركها البصر وعللها وكيفية إدراكها وتشمل الفصول التالية :

صدر المقالة ـ في تمييز خطوط الشعاع ـ في كيفية ادراك كل واحد من المعاني الجزئية التي تدرك بحاسة البصر ـ في تمييز ادراك البصر للمبصرات .

المقالة الثالثة : في أغلاط البصر فيما يدركه على استقامة وعللها .

وتشمل الفصول التالية : صدر المقالة ـ في تقديم ما يجب تقديمه لتبيين الكلام في أغلاط البصر ـ في العلل التي من أجلها يعرض للبصر الغلط ـ في تمييز أغلاط البصر ـ في كيفيات أغلاط البصر التي تكون بمجرد الحس ـ في كيفيات أغلاط البصر التي تكون في المعرفة ـ في كيفيات أغلاط البصر التي تكون في القياس .

المقالة الرابعة : في كيفية إدراك البصر بالانعكاس عن الأجسام الصقيلة وتشمل الفصول التالية :

صدر المقالة ـ في أن صور المبصرات تنعكس عن الأجسام الصقيلة ـ في كيفية انعكاس الصور عن الأجسام الصقيلة ـ في أن ما يدركه البصر في الأجسام الصقيلة هو ادراك البصر للمبصرات بالانعكاس .

المقالة الخامسة في مواضيع الخيالات وهي الصور التي ترى في الأجسام الصقيلة وتشمل الفصول التالية : صدر المقالة ـ القول في الخيال .

المقالة السادسة : في أغلاط البصر فيما يدركه بالانعكاس وعللها ، وتشمل الفصول التالية : صدر المقالة ـ في أغلاط البصر التي تعرض من أجل الانعكاس ـ في أغلاط البصر التي تعرض في المرايا المسطحة ـ في أغلاط البصر التي تعرض في المرايا الكرية المحدبة ـ في أغلاط البصر التي تعرض في المرايا الاسطوانية المحدبة ـ في أغلاط البصر التي تعرض في المرايا الكرية المقعَّرة ـ في أغلاط البصر التي تعرض في المرايا الاسطوانية المقعَّرة ـ في أغلاط البصر التي تعرض في المرايا المخروطية المقعَّرة .

المقالة السابعة : في كيفية ادراك البصر بالانعطاف من وراء الأجسام المشفة المخالفة الشفيف لشفيف الهواء . وتشمل الفصول التالية : صدر المقالة ـ في أن الضوء ينفذ في الأجسام المشفة على سموت خطوط مستقيمة وينعطف اذا صادف جسماً مخالف الشفيف لشفيف الجسم الذي هو فيه ـ في كيفية انعطاف الأضواء في الأجسام المشفه ـ في أن ما يدرك بالبصر من وراء الأجسام المشفه المخالفة الشفيف لشفيف الجسم الذي فيه البصر اذا كان

مائلا عن الأعمدة القائمة على سطوحها هو ادراك بالانعطاف ـ في الخيال ـ في كيفية ادراك البصر للمبصرات بالانعطاف ـ في أغلاط البصر التي تعرض من أجل الانعطاف .

أ ـ قول ابن الهيثم في طبيعة الضوء :

ساد الغموض عصر ابن الهيثم حول طبيعة الضوء ، واختلف فيه العلماء اختلافاً كبيراً ، فمنهم من اعتبره دقائق صغيرة مجهولة الشكل والكيفية تخرج من المبصر إلى البصر وهؤلاء اعتبروا أن الضوء هو العامل المؤثر في الابصار في حين أنكر البعض الآخر أن يكون الضوء هو الذي يؤثر في الإبصار فهو حسب تعريفهم شيء مجهول الطبيعة والشكل والكيفية يخرج من البصر إلى المبصر .

ولجهل العلماء في طبيعة الضوء اختلفوا في كيفية الإبصار .

ويورد ابن الهيثم في كتابه المناظر تعريفين للضوء مختلفين :

أولهما : أن الضوء حرارة نارية تنبعث من الأجسام المضيئة بذواتها وأنه إذا أشرق على جسم كثيف أسخنه ، واذا إنعكس عن مرآة مقعَّرة واجتمع عند نقطة واحدة أحرق ما عند النقطة من أجسام . والعلم الحديث(٢) يعتبر الضوء طاقة تنتقل من شكل لآخر وتفقد وتكتسب ، وان كان هناك اختلاف بين الاشعاع الحراري والاشعاع الضوئي ، فان كون الضوء حرارة نارية يبدو مقبولاً نوعاً ما .

ثانيهما : أن ضوء الجسم المضيء بذاته «صورة جوهرية» وهذا يقتصر فقط على الجسم المضيء بذاته ، وهو ليس أكثر من وصف للجسم المضيء المتوهج .

وموقف ابن الهيثم من هذين التعريفين محايدٌ لا يرجح تعريفاً على الآخر .

وبعد هذا العرض يلجأ ابن الهيثم إلى طريقة يصف فيها المشاهدات والملاحظات التي يصنعها الضوء بطبيعته في حين يحذر أن تكون المسألة فلسفية بحته تقبل عدة وجوه ، وإليك هذه الملاحظات والمشاهدات التي أعطاها إبن الهيثم كل الأهمية :

١ ـ يقسم ابن الهيثم الضوء حسب مصدره إلى نوعين :

أ ـ نوع ذاتي يصدر عن الأجسام المتوهجة بذاتها (كالشمس والنار والشمعة . . إلخ) سمى الأضواء الصادرة عن هذه الأجسام بالأضواء الذاتية أو الأضواء الأولى أحياناً ، وإذا وقعت هذه الأضواء على أجسام كثيفة خرجت أضواء أخرى سماها الأضواء الثواني فالثوالث . .

ب ـ نوع آخر سماه الأضواء العرضية وهي التي تصدر عن أجسام ليست مضيئة بذاتها أمثال المرآة والقمر وكل الأجسام التي تعكس الضوء سواء كانت واسعة أو ضيقة، وبالتالي إعتبر ابن الهيثم الأضواء الثانية والثالثة أضواء عرضية، وقد بين أنه عندما يصدر الضوء أيا كان نوعه عن الأجسام فهو يصدر عن جميع نقاط الجسم المضيء.

٢ ـ يقول في الضوء إنه جسم مادي لطيف يتألف من أشعة لها أطوال وعروض. وكل شعاع أيا كان، فإنه له عرضاً محدداً. ويسمى هذه الأشعة (حبال النور). وتصدر عن الأجسام المضيئة وتسير في سموت مستقيمة حيث تنفذ من الأوساط الشفافة أو (الشفيفة) وهي قابلة للانعكاس والانكسار. ويعتقد ابن الهيثم أن قوة انطلاق الشعاع تقل بعد كل إنعكاس بمقدار معين، فالأضواء الأولى أقوى من الثانية وأقوى من الثالثة وهكذا.

٣ ـ نفوذ الضوء: يقول ابن الهيثم إن الضوء ينفذ في بعض الأجسام ولا ينفذ في البعض الآخر. والأجسام التي تنفذ فيها الأضواء يسميها (أجسام شفيفة) والخاصية التي تسمح بنفاذ الضوء يسميها (خاصية الشفيف)، ويعرفها بأنها معنى تقوم فيه ما هية الجسم المشف أما الأجسام التي لا تنفذ فيها الأضواء فيسميها (بالأجسام الكثيفة).

وفي تعريف (الخاصية الشفيفية) يقول هي الخاصية التي تسمح للضوء بالسير داخل الجسم، «قوة مؤدية للضوء»(١) حسب ما ورد في مقالة الضوء.

ولا يقصد ابن الهيثم بالشفافية الرقة، وانما يقصد بها الحالة التي يكون عليها الماء أو الهواء أو البلور، وعندما ينفذ الضوء لا يتأثر الوسط الذي يسير فيه بأي شكل من الأشكال، فلا يتغير نوعه أو لونه أو تركيبه الكيميائي أو أي صفة فيزيائية أخرى، وفي رأيه أن الوسط المشف يقبل الصور التي ترد عليه مع الضوء قبول تأدية لا قبول استحالة إذ يستطيع نقلها من مكان لآخر فمثلاً إذا سار شعاع ضوئي في وسط مشف كالهواء وصادف أمامه جسماً كثيفاً استحال الأمر وتبدل وأصبح الجسم الكثيف مصدراً عرضياً للضوء: فالمقصود لا قبول إستحالة أن الهواء لا يشكل مصدراً عرضياً للضوء أثناء نقله أو سيره فيه.

وكأن ابن الهيثم يفسر عدم رؤية الزجاج النظيف النقي عند النظر منه إلى منظر ما، والسبب كما يراه هو أن الزجاج النظيف النقي شفاف لدرجة أنه يخلو من العوالق

ـ الحسن بن الهيثم، بحوثه وكشوفه البصرية ص ٨١

الكثيفة التي تشتت مسار الضوء حولها مما يجعل الزجاج بمرتبة الهواء النقي فيصعب التمييز بالنظر بينهما . في حين يمكن رؤية الماء غير النقي إذا مر به ضوء لأن فيه بعض العوالق التي تشتت الضوء .

٤ ـ إنعكاس الضوء

يبدأ ابن الهيثم في شرح ظاهرة الانعكاس بملاحظات ومشاهدات يحاول أن يصفها بدقة ، ويعطيها نوعاً من التصنيف الذي يساعده في البحث عن كنه الانعكاس وسببه .

فهو يميز بين الأضواء العرضية التي تشرق من الأجسام الكثيفة وبين الأضواء المنعكسة عن الجسم الصقيل ، فمثلاً الضوء الساقط على جسم صقيل مثل المرآة ينتج عنه انعكاس الضوء بشكل منتظم نحو جهة معينة ، وبهذا يكون ابن الهيثم قد أصاب بتمييزه بين ما يعرف عندنا الآن (بالانعكاس المنتظم) و (الانعكاس غير المنتظم) ، ويرجع سبب هذين الانعكاسين إلى خواص الجسم أهو صقيل أم كثيف .

ثم إنه يبين أن بعض الأجسام تجمع الصفتين صفة الصقولة وصفة الكثافة أمثال المرايا المصنوعة من الفضة التي تعكس الضوء من سطحها على سموت مستقيمة (أي خطوط مستقيمة) في أوضاع خاصة وفي الوقت نفسه يشرق من سطوحها أضواء عرضية من جراء صفة الخشونة .

ويقصد ابن الهيثم بالسطوح غير الصقيلة السطوح كثيرة المسام وتكون أجزاؤها متفرقة غير متضامنة من أجل ذلك ينفذ جزء من الضوء في المسامة حيث يضيع وينعكس الباقي متفرقا متشتتاً ولعل هذا الرسم يوضح الفكرة .



شكل (١٧)

٥ ـ سرعة الضوء : يرى ابن الهيثم أن للضوء سرعة محدودة وأنه يحتاج الى فترة زمنية حتى ينتقل من مكان إلى آخر. ولعل هذه المسألة من أخطر المسائل التي كشفها العلم الحديث. وكما يقول مصطفى نظيف «إن العلم لم يشرع في قبول فكرة السرعة المحدودة للضوء قبل الربع الأخير من القرن السابع عشر. ثم ان كثيراً من علماء أوروبا المحدثين كانوا يعتقدون أن سرعة الضوء لا نهائية وأن الضوء لا يستغرق أي زمن لانتشاره من مكان لآخر، ومن أمثال هؤلاء الفلكي المشهور (كبلر)، وديكارت، ودامبانوس.

ويقول ابن الهيثم في مقالته الثانية «اذا كان الثقب مستتراً ثم رفع الستار، فوصل الضوء من الثقب الى الجسم المقابل، ليس يكون الا في زمان وإن خفي عن الحس»(١)، وقوله هذا ليس عابراً بل يبني عليه نظرياته وآراءه الهامة مثل نظريته في انعطاف الضوء وبلغة الرموز الحديثة اذا افترضنا ع (سرعة الضوء) و ن الزمن اللازم لانتقاله من مكان لآخر.

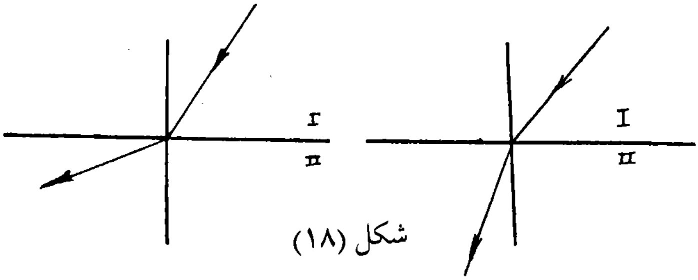
$$ع = \frac{ف}{ن}$$

اذا كانت ن # صفراً فإن ع = أ (رأي ابن الهيثم)

اذا كانت ن = صفراً فإن ع = ∞ (راي ديكارت وكبلر)

٦ ـ قوله في انعطاف الضوء : ينعطف الضوء في نظر ابن الهيثم عن انتقاله من وسط لآخر يختلف عنه في درجة الشفافية ويفسر ذلك بإختلاف سرعة الضوء بالنسبة لكل من الوسطين. فسرعة الضوء في الوسط المشف الألطف (أي الأكثر شفافية) أعظم من سرعته من المشف الأغلظ (الأكثر كثافة أو الأقل شفافية)، فاذا نفذ الضوء من الوسط المشف الأغلظ (الأكثر كثافة) إلى الوسط المشف الألطف، كان الانعطاف بعيدا عن العمود القائم على المستوى الفاصل بين الوسطين، وإذا نفذ من المشف الألطف إلى المشف الأغلظ كان الانعطاف قريبا للعمود القائم على المستوى الفاصل بين الوسطين.

(١) المناظر : مخطوط المقالة الثانية ص٤٥ ـ كتاب الحسن ابن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية مصطفى نظيف بك ص١١٩.



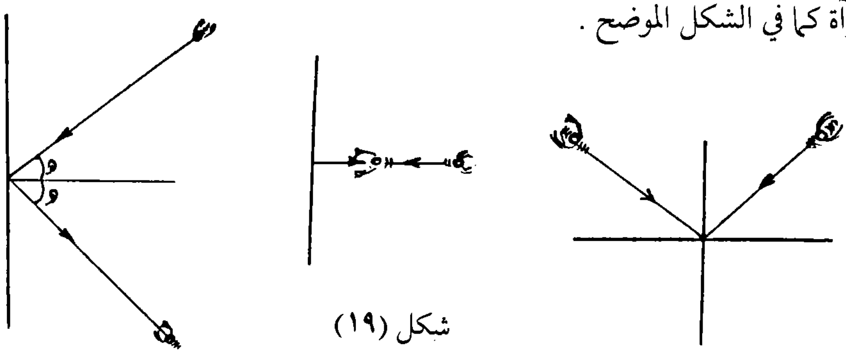
شكل (١٨)

ب ـ نموذج ابن الهيثم لتفسير ظاهرة انعكاس الضوء :

بعد المشاهدات التجريبية التي بلغت درجة مقبولة من الدقة دفعت عالمنا ابن الهيثم لوضع نموذج بسيط(٣) يقيس عليه ظاهرة الانعكاس، فقام بالتجربة التالية : لو قذفت كرة صغيرة من الحديد على مرآة أفقية مستوية من الحديد فإن الكرة تصطدم بالمرآة ثم ترجع . وقد وضع لتجربته هذه وضعين مختلفين :

أولا : أن تكون المرآة على الأرض والكرة الحديدية فوقها على بعد ٢٠ ذراعا ثم يبين أن الكرة عند سقوطها على المرآة بفعل الجاذبية الأرضية ترجع بعد اصطدامها الى جهة العلو ثم تهبط إلى أسفل، وأنها ان ألقيت من مسافة أكبر كان إنعكاسها عن المرآة أقوى وإلى مسافة أبعد، وان ألقيت من مسافة أقل كان رجوعها أقل .

ثانيا : أن تكون المرآة الحديدية المستوية مسندة إلى حائط ثم نقذف الكرة بقوة اليد في اتجاه منطبق على سمت العمود على المرآة، وبالتالي ترتد الكرة مرة أخرى عند اصطدامها بالمرآة، وهو ما يحدث في حال إسقاط شعاع الضوء عموديا على المرآة وانعكاسه على نفسه، ثم اذا قذفت الكرة على المرآة بزاوية فانها تنعكس بزاوية مساوية للزاوية التي سقطت بها على المرآة كما في الشكل الموضح .



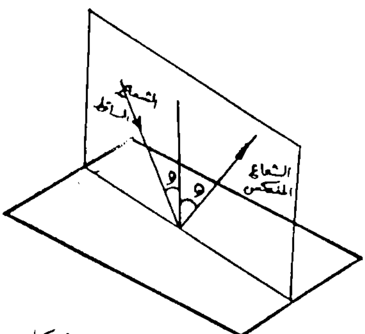
شكل (١٩)

وهذا ما يحدث فعلاً في انعكاس الضوء من المرآة . ولعل أبرز ما في هذه التجربة تفسيره وشرحه لكيفية ارتداد الكرة عن السطح العاكس والتي سوف توضح قريبا عند دراسة أثره في علم الميكانيكا .

*قانونا الإنعكاس عند ابن الهيثم :

كان لتجاربه ودراساته التي قام بها نتائج ملموسة وواضحة في توصله الى قانوني الانعكاس الأول والثاني ، فكما أن الكرة الحديدية ترتد عن سطح المرآة الحديدية المستوية بحيث يكون خط سيرها الأول وخط سيرها الثاني والعمود المقام من نقطة الاصطدام جميعها في مستوى واحد ، فإن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام من نقطة الانعكاس في مستوى واحد .

وكما أن الزاوية التي يحيط بها الخط الثاني والعمود تساوي الزاوية التي يحيط بها الخط الأول والعمود ، فكذلك يكون إنعكاس الضوء حيث الزاوية بين الشعاع الساقط والعمود تساوي الزاوية بين الشعاع المنعكس والعمود .



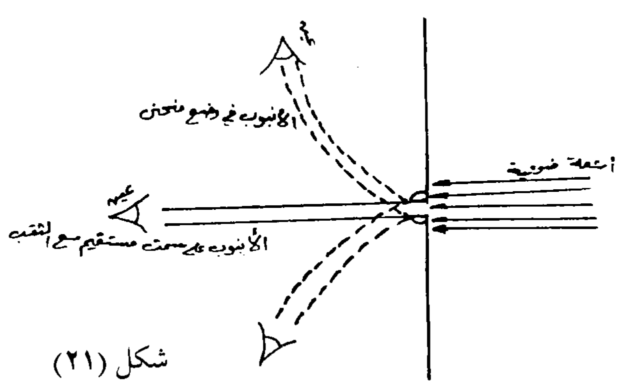
شكل (٢٠)

وهكذا يظهر أن الضوء في نظر ابن الهيثم يشابه الجسم المادي من حيث تبدل سرعتيهما مقداراً واتجاهاً بلقاء الحواجز المادية . وبالرغم من أن انعكاس الضوء وارتداد الكرة المقذوفة يتم بكيفية واحدة ، إلا أن هناك فرقاً بين حركة الضوء وحركة الكرة هو أن حركة الضوء تكون بسرعة كبيرة جداً لا يؤثر فيها قوة إلى أسفل كالقوة المحركة للكرة الى أسفل بعد رجوعها عن المرآة . ولابن الهيثم بحث ميكانيكي في كيفية انعطاف الضوء إلا أنه لم يكن موفقا فيه بالدرجة الكبيرة ، ومع ذلك ففيه إشارات ذات خطورة كبيرة من الناحية الميكانيكية .

**بعض أبحاثه وتجاربه الضوئية :

قام ابن الهيثم ببحوث نظرية وأخرى عملية استهدفت ظواهـر ضوئيـة متعددة ، حاول فيها تفسير هذه الظواهر بدلائل تجريبية ، وقد استخدم أدوات خاصة تفي بالغرض المطلوب ، حتى إذا حصل على النتائج الكافية أخذ يستنتج ويفترض ثم يختبـر وبعدهـا يعلل ، فإذا وصل الى مراده أوضح كل هذا بطريقة مرتبة واضحة شاملة تشبه إلى حد كبير ما يعرف اليوم (بالورقة العلمية) حيث التقرير الأساسي واضح في صدرها ، والحجة الدالة عليه تأتي بعد التقرير مباشرة مبنية على نتائج تجريبية واستدلالات منطقية ويفترض الآراء المعارضة والمخالفة له ، ثم يباشر بالرد عليها بشكل منطقي منسق . وسنعرض هنا بعض الأبحاث والنظريات والتجارب مع أهم الآلات التي ابتكرها بنفسه والتي تخص تجربته المحددة .

١ ـ تجربة في إثبات أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة (على سموت مستقيمة) :
لإثبات هذه الظاهرة عمد ابن الهيثم إلى عمل ثقب في حاجز يحول بينه وبين ضوء الشمس في وضح النهار ثم أحضر أنبوباً مطاطياً منحنياً ، ثبت طرفه بالثقب ، ثم نظر من خلال الفتحة في الطرف المقابل فلم يجد أثرا للضوء . بدأ بعدها يعدل وضعه بأشكال شتى ولم يظهر الضوء إلا عندما صار الأنبوب منطبقا على سمت مستقيم يمر بالثقب

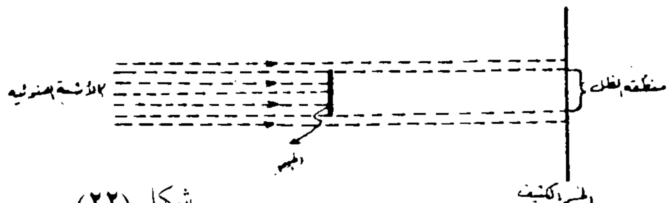


شكل (٢١)

وهكذا استدل من تجربته على ان الضوء لا يسير إلا في خطوط مستقيمة ، ولم يكتف بتجربة واحدة بل عمد إلى تجارب أخرى .

٢ ـ بحث في ظاهرة الإظلال :

يقول ابن الهيثم إن ظاهرة ظلال الأجسام تظهر على الأرض وعلى ما يقابلها من الأجسام الكثيفة عندما تقف هذه الأجسام حائلة بين الضوء المشرق عليها والأجسام الكثيفة التي تقابلها . ويعزو هذه الظاهرة الى أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة وبالتالي ليس له إلا أن يصطدم بالجسم الحائل فلا يصل إلى منطقة الجسم الكثيف التي تقع على سمت مستقيم يتشكل من مصدر الضوء والجسم

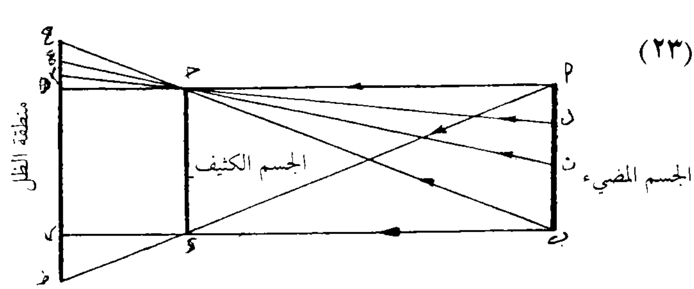


شكل (٢٢)

ثم إن ابن الهيثم شرح ظاهرة الإظلال في مقالة خاصة ليست واردة في كتابه (المناظر) يقول في مقدمتها إن ظاهرة الإظلال مألوفة ، ولها شأن في علم الفلك وهي أحد الأصول المعتمد عليها في علم اهيئة ، وقد عني فيها بالتمييز بين معنى الظل وشبه الظل ، وهو يطلق على الظل اسم (الظلمة) وعلى شبه الظل اسم (الظل) فقط ولعل ما يلي يوضح هذه الفكرة :

لنفرض جسماً مضيئاً أ ب كما في الشكل(٢٣) يقف أمامه جسماً كثيفاً معتماً لا ينفد الضوء حـ د ، فاذا إنطلق شعاع من (أ) ماساً لـ (حـ) وشعاع من النقطة ب ماسا لـ (د) ، بحيث يتقاطع الشعاع أ حـ مع الحائل في نقطة هـ والشعاع ب د مع الحائل في نقطة ر ، فإن المنطقة المحصورة بين هـ ر تكون ظلاً محضاً حسب قوله : وذلك أن أي شعاع ينطلق من أب نحو أي نقطة على هـ ر لا بد وأن يصطدم بالجسم الكثيف حـ د فلا يصل الى هـ ر ، خاصة وان الضوء يسير في سموت مستقيمة ولكن اذا أخذنا نقطة ل قريبة من أ وانطلق منها شعاع ماسا

شكل (٢٣)



لـ حـ ، فإنه يتقاطع مع الحائل في م ، وتكون م هـ فقط مستضيئة بالأشعة الواردة من المنطقة أ ل ، في حين لا تشارك الأشعة الصادرة من المنطقة ل ب في إضاءتها .

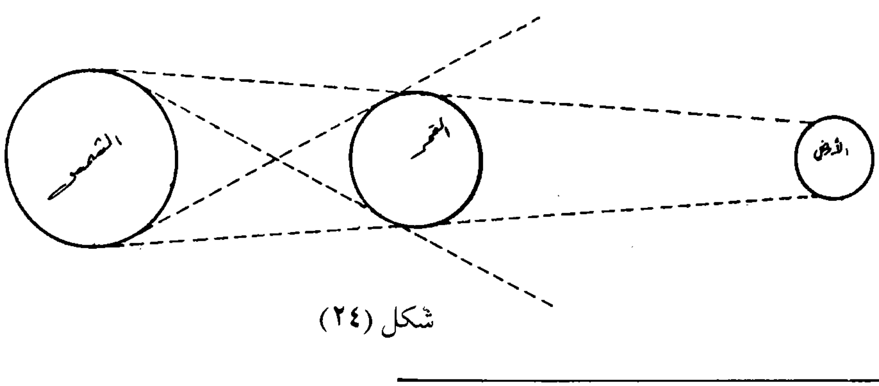
وكذلك المنطقة ع م على الحائل تستضيء فقط بالأشعة الواردة من ن أ على الجسم المضيء ولا تشارك الأشعة الواردة من المنطقة ن ب في إضاءتها . وينتج عن هذا أن تكون المنطقة هـ ح (شبه ظل) أي (ظلاً حسب لغته) ، وتختلف درجة الظل في هذه المنطقة من نقطة إلى أخرى . حيث تزداد درجة الظل (تقل درجة الإضاءة) كلما اتجهنا مقتربين نحو منطقة الظل المحض هـ ر .

ويكون ابن الهيثم بهذا أول من ميز بين الظلال وأشباه الظلال وذلك قبل علماء الغرب أمثال ليوناردو دافنشي وكرتشر .

وبالرغم من بعض الأخطاء التي وقع فيها ابن الهيثم في شرح الظلال وأشباهها خاصة فيما يتعلق بشدة الاستضاءة وعواملها الثلاثة التي بينها لامبير(١) فيما بعد ، فبحثه هذا يعد مقبولا وبداية طريق إلى ما نسمية اليوم (بالفوتومتريه) .

* ملاحظة لابن الهيثم في مسألة خسوف القمر :

يعلق ابن الهيثم على خسوف القمر أنه لا يكون بالظل المنخرط إلى الحدة (الظل المحض) بل إن شبه الظل له أثر في عملية الخسوف حيث يظهر محيطاً بمنطقة الظل المحض .

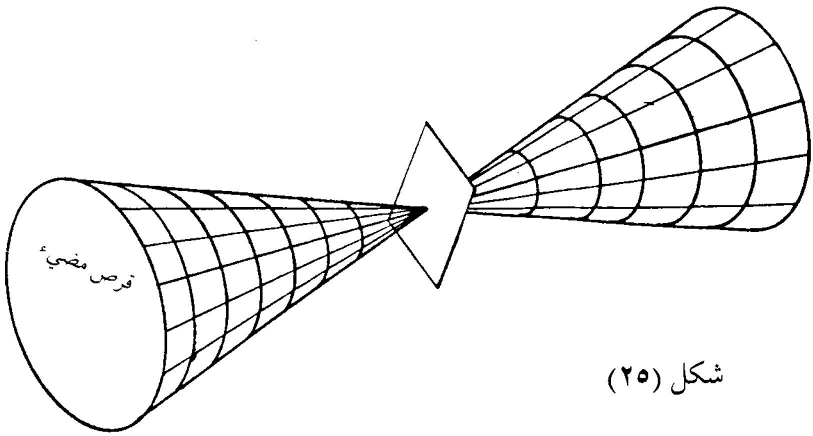


شكل (٢٤)

---

(١) تعتمد شدة الإضاءة على عوامل ثلاثة : عامل البعد وعامل الميل أي ميل الجزء المضيء الذي يشرق منه الضوء بالنسبة الى اتجاه اشزاق الضوء منه على المستضيء والعامل الثالث والذي فطن إليه ابن الهيثم هو عامل المسافة المضيئة التي يستضيء بها هذا الجزء ـ الحسن ابن الهيثم ـ مصطفى نظيف .

٣ ـ أدرك ابن الهيثم أن الضوء ينخرط في الثقوب بحيث يكون مستوى الثقب قاطعا للمخروط كما في الشكل، وقد استعمل هذه الظاهرة في إثبات أن الجسم المضيء سواء كان ضوؤه ذاتيا أم عرضيا، فإنه يشرق من كل نقطة على سطحه، وقد إختبر هذه الظاهرة بتجارب عدة، تارة على الأضواء العرضية مثل ضوء القمر، وأخرى على الأضواء الذاتية مثل ضوء الشمس والشمعة.



شكل (٢٥)

والأشكال المخروطية التي ينخرط فيها الضوء تتنوع وتختلف حسب شكل الجسم المضيء. ولعل أهم تطبيق على ظاهرة انخراط الضوء في الثقوب هو الخزانة المظلمة ذات الثقب.

٤ ـ الخزانة المظلمة ذات الثقب.

عرف ابن الهيثم الخزانة المظلمة ذات الثقب قبل علماء أوروبا بخمسة قرون وكانت تعرف عنده (بالبيت المظلم)، وقد استخدمها في تجاربه على ضوء الشمس وأن ضوءها يشرق من كل نقطة على سطحها حيث تظهر صورتها من خلال الثقب الصغير على الحاجز الورقي، وليس هذا إلا من قبيل انخراط الضوء الصادر منها في الثقب.

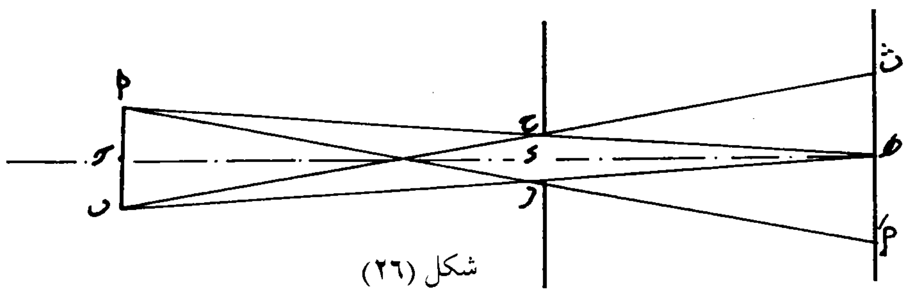
وقد لاحظ ابن الهيثم تكون صور الأجسام المضيئة التي تقف خارج الخزانة ولعله أدرك ان أوضاع الصور تكون مقلوبة.

ثم انه عالج أشكال الصور من حيث وضوحها فيما يعرف عنده (بعدم الإشتباه) ووضع ضابطاً لوضوحها.

فالصورة أوضح ما تكون عندما تصبح نسبة اتساع الثقب الى اتساع الجسم كنسبة بعد الحاجز عن الثقب إلى بعد الحاجز عن الجسم كما هو موضح في الشكل ، وشرطه الهندسي لضبط وضوح الصورة هو:

$$\frac{\text{ح ر}}{\text{أ ب}} = \frac{\text{حـ د}}{\text{هـ حـ}}$$

ثم يشرح ابن الهيثم باسهاب كيفية اشتباه الصورة عن اختلاف التناسب في الشرط الهندسي ، وكيفية تأثرها بكمية الضوء الواردة إليها .



شكل (٢٦)

والثقب عند ابن الهيثم كلما كان ضيقاً كانت الصورة أدق وأوضح شرط أن لا يزداد هذا الضيق عن حد معين ، فتميل الصورة إلى الخفاء ، وكذلك الحال بالنسبة لاتساع الثقب لا يكون كبيراً إلى الحد الذي تشتبه فيه الصورة بل لا بد من الاعتدال في ذلك .

أما بالنسبة لكيفية تأثر وضوح الصورة بالشرط الهندسي ، فهي كما يلي :

لو افترضنا في الشكل السابق أن الخارجة من الجسم المضيء أ ب هي أشعة تعبر الثقب ح ر . ويلاحظ أن النقطة أ على الجسم المضيء يخرج منها شعاعان أحدهما يمس ح ويتقاطع مع الحاجز الورقي في هـ والآخر يمس ر ويتقاطع مع الحاجز الورقي في ا' .

أما النقطة ب على الجسم المضيء فيخرج منها شعاعان أحدهما يمر ماسا لـ ح ويتقاطع مع الحاجز الورقي في ت ، والشعاع الآخر يمس ر ويتقاطع في هـ مع الحاجز .

وواضح الآن أن صورة النقطة أ على الحاجز هي المنطقة هـ ا' وصورة النقطة ب هي المنطقة هـ ت على الحاجز . وموقع كل من الصورتين على الحاجز مماسة للآخر ولا يقاطعه . هذا كله في حال إنطباق الشرط الهندسي

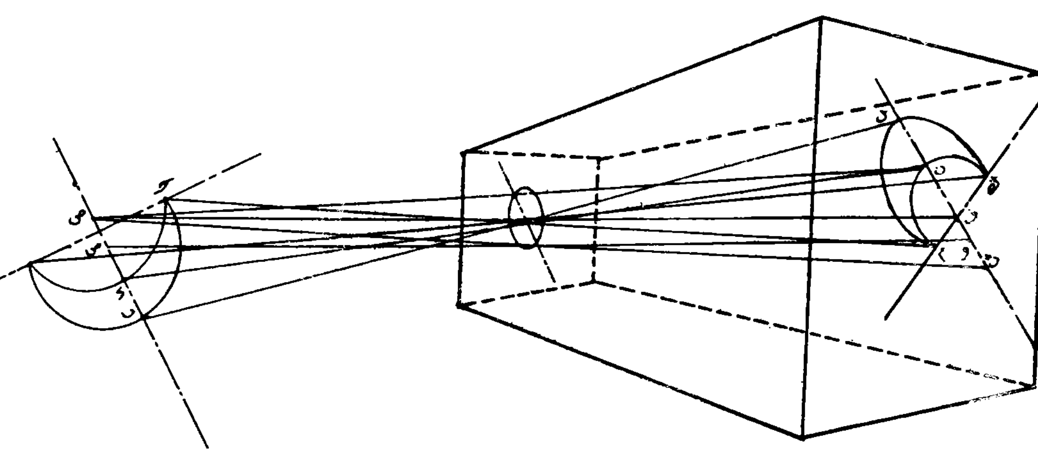
$$\frac{\text{ح ر}}{\text{ا ب}} = \frac{\text{هـ د}}{\text{هـ حـ}}$$

والآن لو اختل الشرط ، واقترب الحاجز نحو الثقب على إمتداد حـ و فان صورة أ ترتفع إلى أعلى وصورة ب على الحاجز تنخفض إلى أسفل ، فتختلط الصورتان ، ولا تعودان واضحتان .

في حين إذا ابتعد الحاجز عن الثقب فإن صورة أ على الحاجز ترتفع إلى أعلى وصورة ب تنخفض إلى أسفل وبالتالي تتباعد الصورتان فيكون بذلك تباعد أجزاء الصورة الكلية (صورة الجسم المضيء) فلا تعود واضحة .

ولقد طبق ابن الهيثم على شرطه أمثلة عملية كثيرة . منها صورة الهلال الشمسي عند كسوف الشمس فلا يظهر منها إلا جزء هلالي الشكل . وبيَّن صورة هذا الشكل بالحسابات الهندسية وببعض الرسومات الوصفية . وكلها تشير إلى أن الصورة مقلوبة الوضع .

والآن ما عاد الفضل إلى إختراع الكاميرا بعد الكشف عن ظاهرة تكون الصور بواسطة الثقوب الضيقة إلى ولابورتا أو روجر بيكو أو الى فيتللو أو الى ليوناردو دافنشي ، فابن الهيثم قد سبق أولئك جميعا «وكما تقول الموسوعة العلمية (سارتون) ان ابن الهيثم بهذا يعتبر أول مخترع للكاميرا وهي ما يسمى علميا (Camera, obsucka)(١) .



شكل (٢٧)

---

(١) مجلة التقدم العلمي ـ العدد الثالث ـ يناير ١٩٨٣ صفحة ٢٢ ـ احمد شوقي الفنجري

٥ ـ قوله في الألوان وقوس قزح :

ذكر ابن الهيثم ان اللون شيء قائم بذاته يختلف تماما عن الضوء وهو يسير معه ويتأثر كما يتأثر الضوء. ولسنا نود هنا أن نخوض في خطئه هذا فهو واضح ، والمعروف حديثاً أن اللون صفة من صفات الضوء تتمثل في تردد موجات الضوء ، حيث أن التردد هو الذي يحدد لون الضوء ، ولكن ابن الهيثم أشار إلى قضية خطيرة هو أن اللون الأبيض عبارة عن مجموعة من الألوان في لون واحد ، وأثبت نظريته هذه بالدوامة عندما تدور بسرعة ، فإن الألوان كلها تتمازج وتختلط ويظهر اللون الأبيض. أما بالنسبة لظاهرة تكون قوس قزح فقد حاول ابن الهيثم تفسيرها ولكنه أخفق في ذلك في حين نجح تلميذه كمال الـدين الفارسي في تعليلها. فابن الهيثم يعزو تكوّن هذه الظاهرة الى الانعكـاس لا الانكسار (الانعطاف) حيث يقول إن قوس قزح يحدث من إنعكاس الضوء اذا اعترض هواء غليظ رطب بين الجرم المضيء وبين البصر فمواضع انعكاس الضوء عن السحاب الذي يكون شكله كروي تبدو على هيئة قوس مضيئة واختلاف لون القوس يعزوها الى ظاهرة التقازيح وامتزاج اللون الأبيض بالظلمة. مع هذا فنظرية ابن الهيثم تعتبر محاولة على طريق البحث العلمي ربما تعثرت هذه المرة ، فلا ضير في هذا خاصة وأن لكل جواد كبوة.

٦ ـ العـــين :

العين هي الوسيلة التي يبصر بها المرء والابصار يحدث بفعل الضوء المنفذ من المبصر إلى العين وقد وصف ابن الهيثم من أجزاء العين ما يكفي ـ فيزيائيا ـ من تبيان عملها في نقل صور المرئيات الى الدماغ.

تنشأ في قرني الدماغ عصبتان ثم تتجه كل واحدة منهما نحو الأخرى فتلتقيان في وسط مقدم الدماغ ، بعدئذ تعودان متفرقتين وتذهب كل عصبة الى المحجر الخاص بها ، وفي المحجر ثقب تدخل من العصبة وتنتشر وتتسع حتى تصبح كالقمع وتتصل حينئذ بالشحمة البيضاء.

وطبقات العين كما وصفها ابن الهيثم هي :

(١) الشحمة البيضاء (شبه كرة بيضاء وهي بياض العين وتسمى الملتحمة وهي معظم العين).

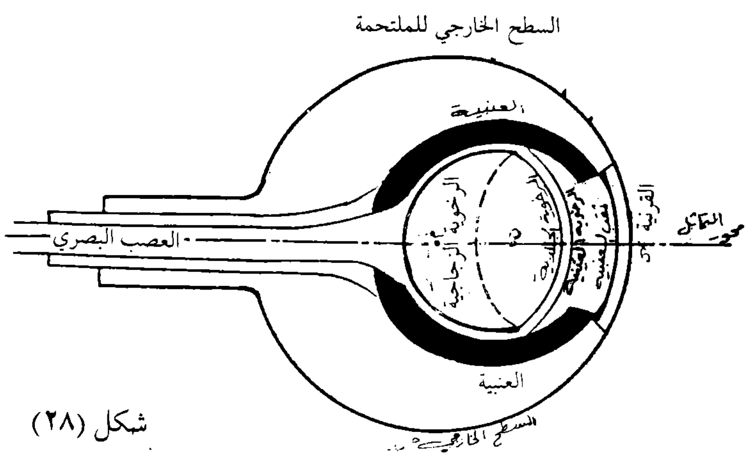
(٢) العنبية : (الحدقة) وهي كرة صغيرة جوفاء وسوداء أو زرقاء أو شهلاء ، ومكانها في الجزء الناقص من الكرة الكبيرة (من الشحمة البيضاء) والقسم الأعظم (الداخلي)

منَ العنبية غارقة في الشحمة البيضاء ، والجزء الصغير (الخارجي) الباقي منها مكشوف (لا تحيط به الشحمة البيضاء) وفي وسط العنبية ثقب (هو البؤبؤ) يمر فيها على استقامة أفقية واحدة حتى يصل بالعصبية الداخلة من ثقب المحجر . وتملأ تجويف العنبية رطوبة بيضاء رقيقة فائقة صافية مشفة تسمى الرطوبة البيضية لأنها تشبه بياض البيض في رقته وبياضه وشفيفه .

(٣) القرنية : وهي طبقة متينة مشفة تغطي مقدمة العنبية (التي لا تغطيها الشحمة البيضاء) وسطح القرنية الخارجي محدب كروي وسطحها الداخلي مقعر كروي مواز للسطح الخارجي .

(٤) الجليدية : كرة بيضاء رطبة متماسكة الرطوبة ـ شفافة جزئيا ويشبه شفيفها شفيف الجليد ، والرطوبة الجليدية عند ابن الهيثم قسمان : قسم امامي فيه الرطوبة الجليدية على الحصر وفي مقدمته تسطيح يسير يشبه التسطيح الظاهر على حبة العدس ، ويرى ابن الهيثم ـ خلافا للعلم الحديث ـ أن سطح مقدم الجليدية قطعة من سطح كروي أعظم من السطح الكروي المحيط بسائرها ثم هناك في الجليدية قسم خلفي فيه رطوبة أكثر غلظا تشبه الزجاج المرضوض من أجل ذلك يسميها ابن الهيثم الرطوبة الزجاجية .

وبالرغم من أن عددا من التفاصيل التي ذكرها ابن الهيثم مخالفة للعلم الحديث إلا أن مجمل وصف العين يبدو مقبولاً كخطوة جريئة نحو الحقيقة . وبالتالي يكون ابن الهيثم هو أول من رتب أقسام العين ورسمها بوضوح كما يقول عنه ماكس مايرهوف



شكل (٢٨)

في مقالة بعنوان العلوم والطب «كان ابن الهيثم أول من رتب أقسام العين ورسمها بوضوح تام ووضع لأقسامها أسماء أخذها عنه الطب الغربي مثل القرنية والشبكية»(١). وقد حاول علماء كثيرون أن يحددوا بالضبط أوصاف ابن الهيثم للعين وأجزائها أمثال رزنر في كتاب الذخيرة. ولعل الأستاذ العالم مصطفى نظيف هو أفضل من تصور هذا الوصف وعبر عنه في كتابه الحسن ابن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية.

٧ ـ نظرية ابن الهيثم في الإبصار:

تمهيد: لم يكن العلم قبل ابن الهيثم قد استقر على نظرية واضحة في الابصار، فالخلاف ما بين نظريتي الورود والشعاع لم يواجه حسما منطقيا وعلميا بعد. وبقيت الحال على ذلك حتى جاء ابن الهيثم ووضع نظرية واضحة متكاملة في الابصار تعتبر الأولى من نوعها في تاريخ العلم.

فابن الهيثم لم يعامل العين معاملة تستهدف النواحي الطبية التشريحية أكثر مما عاملها كآلة إبصار. وان كان في عصرنا الحاضر ميكروسكوبات وأجهزة بصرية تمكن العلماء من معرفة دقائق التركيب الفسيولوجي لأجسام عديدة ومنها العين، فالقياسات الدقيقة لأجزاء العين من أقطار تحدب وتقعر أو أطوال أو إتساعات أصبحت في متناول أي طبيب عيون.

ولكن أداة ابن الهيثم التي تجاوز بها حدود الدقة المقدورة في عصره تتركز في الأغلب على إعطاء وصف تشريحي يتفق ونظريته التي يفسر بها كيفية حدوث الابصار بالشكل الذي لا يعجز عن أي ظاهرة بصرية طارئة. فوصفه للعين لم يقتصر على طبقاتها ورطوباتها المختلفة بل تعدى إلى أوضاع الطبقات بالنسبة لبعضها البعض، وكذلك أشكال الطبقات وهيئة سطوحها. ويعتبر ابن الهيثم السطح الخارجي للقرنية محدبا بشكل جزء من كرة نصف قطرها كبير أما السطح الداخلي فهو مقعراً وموازياً للخارجي ويشكل جزء من كرة نصف قطرها كبير إلا أنه أصغر من نصف قطر السطح الخارجي.

والسطح الخارجي ـ كما يراه ابن الهيثم ـ متصل مع الملتحمة ولكن ليس جزء منها.

أما السطح الداخلي فيمس كرة العنبية، وكرة العنبية نصف قطرها أصغر من نصف قطر كل من سطحي القرنية ومركزها غير منطبق على مركز كرة الملتحمة بل متقدم عليها إلى الأمام. وللعنبية ثقب دائري ينتج مستوى عمودي مع طرف كرة العنبية. ويلي العنبية

(١) تراث الاسلام ـ نقلاً عن كتاب العلوم البحتة ـ الدكتور علي عبدالله الرفاع ص٣١٦

الرطوبة الجليدية والتي تشبه العدسة المحدبة الى حد قريب، فسطحها الخارجي جزء من كرة نصف قطرها أكبر من نصف قطر العنبية ويوازي كل من سطحي القرنية، وينطبق مركزها على مركز البصر. ومركز البصر هو مركز كل من كرة الملتحمة وكرتا القرنية وكرة الجليدية والخط الوهمي الواصل ما بين مركز البصر ومركز ثقب العنبية يسمى محور التماثل، ويمتد محور التماثل حتى يدخل بثقب العصبة البصرية.

ثم يعمد ابن الهيثم الى هذه الهيئة في التركيب كي يسهل لنظريته أن تأخذ مجراها المنطقي والمتمثل في أن الشعاع الوارد من نقطة في المبصر (الجسم المضيء) إلى البصر - حيث يمر بمركز البصر - لا يعاني انكساراً، لأنه يمر بشكل عمودي في طبقات العين المختلفة حتى يصل إلى سطح الرطوبة الزجاجية، عندها يصبح وضعه ليس عموديا بالنسبة لطبقة الزجاجية وبالتالي لا بد أن يعاني انكسارا.

ولعلك تسأل أي الفكرتين أسبق، الفكرة المتمثلة في تركيب العين أم الفكرة المتمثلة في نظرية الابصار؟

إن جواب هذا السؤال يعود لابن الهيثم نفسه، فهو أدرى أي الفكرتين أسبق، ولا شك أن الفكرة الأسبق هي المستقلة والأخرى تكون معتمدة أو مترتبة عليها.

ولكن أسلوب ابن الهيثم في التفكير والمبني على الملاحظة وجمع المعلومات ثم إقتراح فرضية وإجراء تجربة لإختبار صحة الفرضية ومن ثم تكوين نظرية متكاملة إلى حدّ ما، يحتم علينا أن نؤكد ان ابن الهيثم قد استعان في بداية الأمر بكتب التشريح التي تحدثت عن العين في تركيبها الفسيولوجي، فلما رأى أن مجمل شكلها يميل إلى التكور، وضع نظريته التي تنص على أن الإبصار يكون بورود الشعاع من نقطة المبصر إلى البصر مارا بمركز الكرة (العين) وبالتالي لا يعاني إنكساراً لأنه على سمت أنصاف أقطار الكرة. ثم عاد الى تركيب العين ليفترض أن طبقاتها ما هي إلا أجزاء لكرة متحدة المركز تقريباً.

وهكذا ثبّت وصفه الإجمالي للعين ثم أخذ يفصّل تركيبها بدقة مستعيناً تارة بالمشاهدة، وتارة بما يتوافق والنظرية.

*النظرية: لم يعتد ابن الهيثم أن ينقل عباراته نقلاً مجرداً عن الفهم والمنطق، وهذا واضح كل الوضوح في حسمه للخلاف الذي طال بين نظرية الورود ونظرية الشعاع. فقد تجاوز هذه الزوبعة الفلسفية المحضة محلقاً إلى عالمه الذي يعرف عندنا بالطريقة العلمية

الحديثة في البحث، فالقول بأن الابصار يحصل لورود الضوء من المبصر الى البصر فقط ليس ذا أهمية لأنه لا يعلمنا بكيفية حدوث الابصار داخل العين.

وحتى يكون لهذا القول أهمية لا بد له أولا من نظرية تدعمه، وثانياً لا بد لهذه النظرية أن تخطو به لتفسر كيفية حدوث الابصار وتشرح ما بعد الورود.

يرى ابن الهيثم أن الإبصار يكون بورود الضوء من كل نقطة من الجسم المبصر الى العين حيث يدخل القرنية ثم يمر من ثقب العنبية الى الرطوبة البيضية وبعدها الى الرطوبة الجليدية، وكما يقول ابن الهيثم ان الجليدية هي أول عضو حاس من طبقات العين يلقاه الضوء النافذ فيها، وأي تلف في أجزاء العين يحول دون وصول الضوء إلى الجليدية يتسبب بالعمى، كما أن أي تلف بالجليدية يبطل به الاحساس يؤدي الى العمى.

ويبرز لابن الهيثم محكٌ صعب عليه أن يعد نظريته لاجتيازه. وهو كما يعبر عنه، أن إدراك العين للمبصر يكون بالاحساس الحادث بفعل هذه الأضواء الواردة إليها، والمعروف أن الضوء الوارد الى العين لا يكون من نقطة واحدة فقط ولا هو كذلك من جسم واحد، بل ربما يكون من عدة أجسام، وحينئذ تكون أضواؤها ممتزجة وغير مرئية قبل وصولها إلى العين والمحك هنا: كيف يدرك البصر هذه الأجسام مرئية غير ممتزجة في وقت واحد؟ وابن الهيثم صريح كل الصراحة مع هذا السؤال، وفي رأيه أنه مستعد للتخلي عن مبدأ الورود في حالة عجزه عن الإجابة.

ويتجاوز ابن الهيثم هذا المحك بذكاء بارع ويضع الفرضية التالية: تدرك العين صور الأجسام مرئية غير ممتزجة، ويحدث هذا في أن كل نقطة على الجسم المبصر لها نقطة مقابلة (او نظيرة) على سطح الجليدية متخصصة للاحساس بصورتها والاحساس يكون بالشعاع الوارد من النقطة على سطح الجسم المبصر إلى النقطة النظيره لها على سطح عدسة الجليدية، والجليدية لا تحس إلا بالأشعة المستقيمة والتي لا تعاني انكساراً، ولا يحدث هذا إلا في حالة واحدة وهي أن تكون الأشعة ممتدة على السموت العمودية على طبقات العين حيث تمر بمركز البصر واسند في ذلك ان طبقات العين كرية الشكل ومختلفة الكثافة.

إذاً فالنقطة التي ينطلق منها مخروط الأشعة لا تدرك إلا بشعاع واحد فقط وهو ذاك الشعاع الممتد على السمت الواصل ما بين النقطة ومركز البصر، حيث تكون صورة النقطة المبصرة على الجليدية هي تقاطع هذا الشعاع مع سطح الجليدية، في حين لا يكون لبقية الأشعة أهمية تؤثر على مجرى الإبصار، أو بالأحرى يكون تأثيرها مهملاً بالنسبة للشعاع الذي لا يعاني انكساراً.

وإذا تخيلنا المخروط الذي رأسه مركز البصر م وقاعدته ثقب العنبية، ثم ليمتد خارجا من ثقب العنبية، فإذا صادف مبصراً فان الأضواء ـ الواردة من نقاط المبصر على سموت المستقيمات التي يلتئم منها هذا المخروط ـ لا تعاني إنعطافاً، وبالتالي لا تحس الجليدية إلا بها، أي أن الصور التي تنطبع على سطح الجليدية بفعل هذه الأضواء هي التي يحصل لها إحساس، وبالتالي تلقى هذه الأشعة مقدم سطح الجليدية على نقاط يكون ترتيبها نفس ترتيب نقاط الجسم المبصر. والتأثير الحسي يكون بشكل مرتب يناظر ترتيب نقاط الجسم على المبصر.

هذه الطريقة الواضحة في التفكير مستساغة الى حد كبير في عصر العلم الحديث، وخطوات العلم السريعة ما هي إلا نتاج هذه الطريقة والتي تتضمن وضع نماذج أو فرضيات تعالج إلى حد ما الملاحظات والمعلومات المعطاة مهما بلغت هذه النماذج درجة من الغرابة. وابن الهيثم نفسه يستسيغ أن ينحصر الاحساس فقط بالأضواء الواردة على سموت مستقيمة وعمودية على طبقات العين. ثم إن الطبيعة مليئة بمثل هذه الظواهر، فمثلاً الأجسام الساقطة سقوطاً حراً لا تسير إلا على سموت مستقيمة عمودية على سطح الأرض ولا تسير على سموت منحنية أو مائلة عن سطح الأرض.

وبالرغم من آنية هذه الفرضية إلا أنها لا تعفى من المحكّ الثاني:

ماذا عن الأجسام التي تكون خارج مخروط الأشعة (المخروط الذي رأسه مركز البصر وقاعدته ثقب العنبية، ممتداً إلى خارج العين) في حين أن العين تراها وتدركها؟ وابن الهيثم يفترض فعلاً وجود بعض الأجسام المرئية خارج مخروط الأشعة، ويدلل على هذا الافتراض بتجارب ومشاهدات، فهو يقول بلفظه «وإذا أقام الانسان سبابته عند جانب وجهه قريباً من جبينه، فانه يرى سبابته، وان ألصق سبابته بجفنه الأسفل، وتعمد أن يكون سطحها الأعلى موازياً لسطح بصره بالقياس إلى الجبين، فإنه يرى سبابته، وهذه المواضع كلها ظاهرة غير ملتبسة، إنها خارجة عن مخروط الشعاع»(١).

وهذه التجربة تشير بما لا يقتضيه الشك إلى أن هذه الأجسام لا ترى إلا بعد أن تعاني أضواءها الواردة الى البصر انعطافاً في طبقات العين، وهذه إشارة من ابن الهيثم الى أن طبقات العين مختلفة الكثافة.

---

(١) من مخطوط المناظر ص ١٠٣ ـ حسب ما ورد في كتاب الحسن ابن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية الجزء الأول ص٢٣٤، مصطفى نظيف.

وهنا يعدل نظريته لتصبح أن الإدراك أو الاحساس لا يكون بفعل الأضواء الواردة على سموت الأعمدة فحسب بل بالأضواء المنعطفة أيضاً ، فالنقطة المبصرة يخرج منها مخروط أشعة تكون هي رأسه ، وقاعدته ثقب العنبية ، فتدخل أشعة المخروط العين حيث تنعطف في طبقات العين لتلتقي على الجليدية ، إلا سهم المخروط وهو الشعاع الممتد على السمت العمود فإنه لا يعاني انعطافاً على الجليدية حتى بلوغه سطح الزجاجية .

ويعتبر أن ادراك الضوء دون انعطاف كما يحصل في الشعاع الممتد على السمت العمودي ، أقوى من إدراكه بعد الانعطاف ، فالأجسام التي تقع داخل مخروط الأشعة تدرك بالضوء الوارد على سموت الأعمدة ، وبالضوء المنعطف أيضاً ، فتكون رؤيتها أوضح من رؤية الأجسام الخارجة عن مخروط الأشعة والتي تدرك بالانعطاف فقط .

أما عن الإحساس فيقول إنه لا يحصل إلا على سموت الأعمدة الخارجة من مركز البصر ، فالأشعة تلتقي على الجليدية مكونة صورة الجسم التي تلبث هنيهة ثم تمضي إلى العصب البصري عن طريق ثقب العصبية ومنها إلى المخ حيث تنطبق صورة كل عين على الأخرى مكونة صورة مجسمة يدرك المخ فيها اللون وترتيب النقاط والشكل . ثم يوضح أن الأشعة الخارجة من الجليدية تبقى على ما هي عليه من السموت إلى أن تصل الزجاجية عندها تنعطف لتصبح بوضع مستقيم موازي لمحور التماثل حيث تدخل هذه الاشعة العصبية حاملة صورة الجسم المرئي . ولا يفوت ابن الهيثم هنا أن يشير إلى أن أعصاب كلتا العينين تتقاطع في المخ ، بدليل أنه إذا أصيب الجانب الأيمن من المخ تعطلت العين اليسرى واذا أصيب الجانب الأيسر تعطلت العين اليمنى .

هذا عرض مفصل لنظرية ابن الهيثم في الابصار بما تحمل في طياتها من إشارات خطيرة تدل على الأسلوب البارع في استدراج الحقائق .

والنظرية بلا شك لا تخلو من الأخطاء وكذلك وصف تركيب العين .

فالقرنية مثلاً . وان كان سمكها عند ثقب العنبية واحدا فنصف قطر سطحيها ليس أعظم من نصف قطر العنبية ، وليس سطح مقدم الجليدية موازيا لسطحي القرنية ، كما أن المحور الهندسي (محور التماثل) لا يمر بمركز ثقب العصبة والقرنية ليس كرية الشكل .

وأما نظريته في الإبصار وان كانت لا تمثل عين الحقيقة إلا أنها توسطت في حقيقتها بين كيفية الابصار بالحشرات وكيفية الابصار بالانسان . وهذا دليل على أن تفكير ابن الهيثم

فعلاً من الواقع وأن النموذج الذي أعده قد أصاب به عين الحقيقة بالضبط في عيون مخلوقات أخرى غير الانسان مثل عيون الحشرات وعيون القشريات .

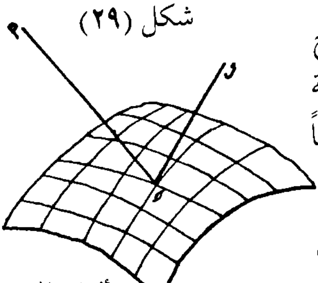
ومع ذلك فنظريته هي الأولى من نوعها بهذه الجدية والكيفية ، وقد نقلت البحث العلمي خطوة واسعة لا يستهان بها ، حتى أنها ظلت معتمدة لدى الأوروبيين حتى القرن السابع عشر . ولا ننسى أن تركيب العين وكيفية الابصار بها ما زال معقدا غاية التعقيد ، ومازال العلم عاجزاً أمام بعض خفاياها سواء المتعلق بميكانيكية النظر أو بالتركيب الفسيولوجي . وبالتالي فما وصل اليه ابن الهيثم شيء يستحق الدهشة والاعجاب ، حيث رغم قصور وسائل عصره إلا أنه أعطى نتائج في غاية الروعة جعلته يمسك بطرف الحقيقة .

مسألة ابن الهيثم

في كتاب ابن الهيثم ـ المناظر ـ تبرز قضية على جانب كبير من الأهمية ، تبرز العبقرية الرياضية التي كان يتمتع بها هذا الاستاذ العظيم ، تعرف هذه المسألة بمسألة ابن الهيثم .

تتلخص مسألة ابن الهيثم فيما يلي :

شكل (٢٩)



مسألة ابن الهيثم

«اذا فرضت نقطتان مثل (أ)، (ب) امام سطح عاكس (ليس بالضرورة ان يكون مستوياً) فكيف نعين نقطة على هذا السطح مثل (حـ) بحيث يكون (أ حـ) شعاعاً ساقطاً و (حـ ب) شعاعاً منعكساً»

تسمى نقطتا (أ)، (ب) بالنقطتين المتعاكستين ، وتسمى نقطة (حـ) بنقطة الانعكاس .

ان صعوبة المسألة تتأتى في أن السطح ليس بالضرورة ان يكون مستوياً بل قد يكون كروياً أو اسطوانياً أو مخروطياً أو أي شكل آخر .

وقد عالج ابن الهيثم السطوح المستوية والكروية والاسطوانية والمخروطية المحدبة منها والمقعرة على حد سواء ، كما سنرى .

وحول هذا الموضوع يسوق هوارد ايفز الملاحظة التالية في كتابه :

(An Introduction to the History of Mathmaties)

«حفظ اسم ابن الهيثم في الرياضيات فيما يعرف بمسألة ابن الهيثم من نقطتين معلومتين في مستوى دائرة معلومة يطلب مد خطين يتقاطعان على الدائرة ليكوِّنا زاويتين متساويتين معها (أي مع الدائرة على هذه النقطة) وتؤدي هذه المسألة الى معادلة من الدرجة الرابعة تم حلها على الطريقة الاغريقية بتقاطع قطع زائد مع دائرة»(١)

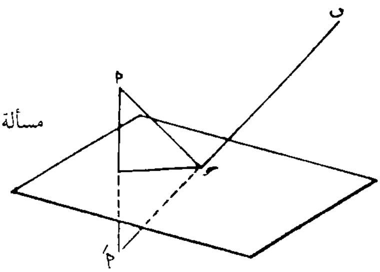
---

(١) اسهام علماء المسلمين في الرياضيات ـ د. علي عبدالله الدفاع .

ولو كان السطح مستويا ـ عالج ابن الهيثم هذه الحالة في المقالة الخامسة من كتاب المناظر ـ فالمسألة سهلة اذ لو أنزلنا من احدى النقاطولتكن (أ) عمودا على المستوى ومددناه بقدر طوله الى (ا′) ثم أوصلنا (ا′) مع (ب) فـان تقاطـع المستقيم ا′ ب مع المستوى يعطينا النقطة المطلوبة (حـ)

شكل (٣٠)

مسألة ابن الهيثم «المرآة المستوية»



وعندما انتقل ابن الهيثم الى الحالات العامة للمرايا المختلفة ـ فإنه اتبع منهجا رياضيا منطقياً سليماً . فقد وضع في البداية ستة مقدمات هي بمثابة عمليات هندسية . ذكرها وبين حلولها والبرهان عليها . ثم استعملها في التنفيذ الهندسي للمسألة في حالات المرايا الكروية والاسطوانية والمخروطية المحدبة منها والمقعرة على حد سواء .

ونحن هنا لن نخوض في التفاصيل بل سنأخذ الفكرة الأساسية مجملة دون برهان او تفصيل(١) .

*** (١) المرايا الكروية :**

لا يختلف التنفيذ الهندسي في حالة المرآة الكروية المحدبة عن المرآة الكروية المقعرة . لذلك تكون الخطوات في الحالتين متطابقة وهي كالاتي :

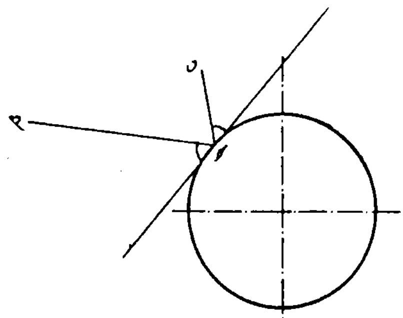
- فليكن لدينا مرآة كروية (محدبة او معقرة) مركزها (م) وليكن لدينا نقطتان (ا ب) أمام هذه المرآة بحيث إذا كانت المرآة محدبة فإن المستقيم (ا ب) لا يقطع سطح الكرة.
- نوجد المستوى الذي يمر بالنقاط أ ، ب ، م
- نقاطع هذا المستوى مع الكرة فيقطعها في دائرة عظمى مركزها (م) . تكون هـذه الدائرة هي فصل الانعكاس .

(١) يمكن الرجوع الى كتاب مصطفى نظيف الوارد في قائمة المراجع للاطلاع على التفاصيل.

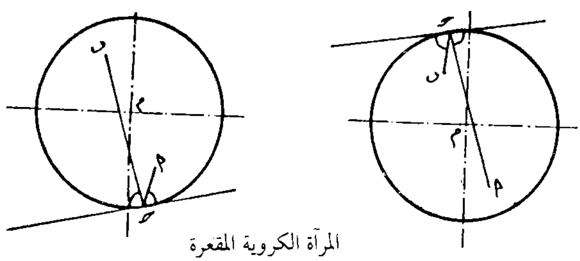
- نوجد نقطة (حـ) التي تقع على الدائرة بحيث يصنع المماس عند هذه النقطة مع كل من المستقيمين أ حـ، ب حـ، زوايا متساوية .
- تكون نقطة (حـ) هي نقطة الانعكاس المطلوبة .

والجدير بالذكر ان ابن الهيثم اثبت انه في حالة المرآة الكروية المحدبة فانه يوجد نقطة انعكاس وحيدة . وفي حالة المرآة الكروية المقعرة فان النهاية العظمى لعدد نقاط الانعكاس هي اربعة نقاط (انظر شكل ٣١)

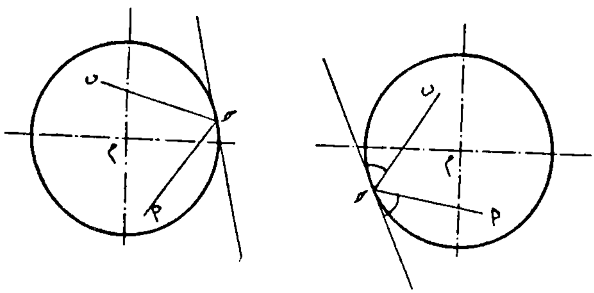
شكل (٣١)



المرآة الكروية المحدبة



المرآة الكروية المقعرة



مسألة ابن الهيثم : المرآة الكروية

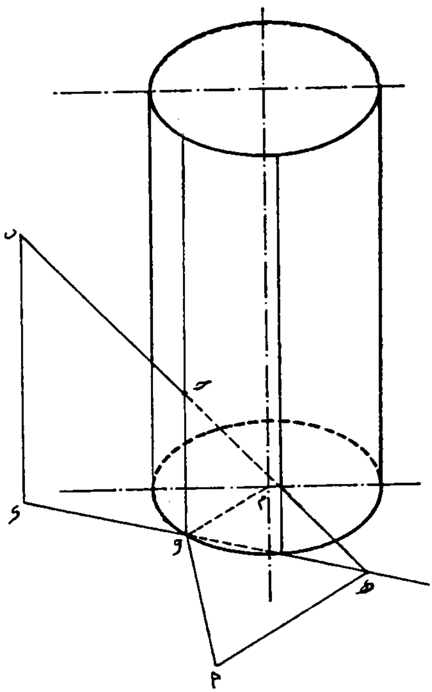
(٢) المرايـا الأسطوانية :

ولا تختلف هنا أيضاً خطوات التنفيذ الهندسي في حالة المرآة الاسطوانية المحدبة عن المرآة الاسطوانية المقعرة لذلك :

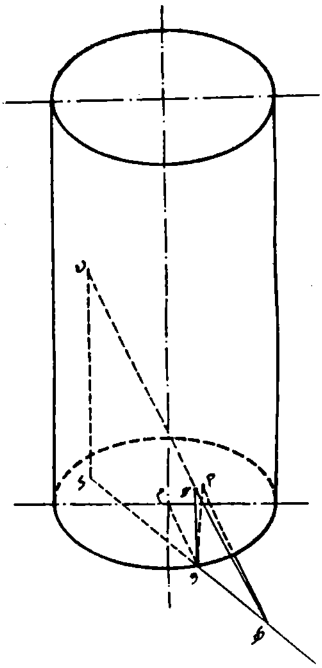
- لتكن النقطتان (أ ، ب) مفروضتين امام المرآة الاسطوانية (المحدبة او المقعرة) بحيث اذا كانت محدبة فان المستقيم (أ ب) لا يقطع سطح المرآة .
- نوجد المستوى الذي يمر في احدى النقطتين ولتكن (أ) ويكـون عموديـا على محـور الاسطوانة
- سيقطع هذا المستوى المرآة في دائرة مركزها النقطة (م) وهي تقاطع محور الاسطوانة مع المستوى .
- ننزل من (ب) عمودا عـلى هذا المستـوى يقطعـه في نقطة (د) (اي نـوجد المسقط العمودي لـ (ب) على هذا المستوى) .
- نوجد النقطة (و) تقع على الدائرة التي مركزها (م) بحيث يعمل المماس للدائرة عند النقطة (و) زوايا متساوية مع كل من المستقيمين (أ و) ، (د و)
- نصل (و م) ، (و ب) ، (و أ) .
- نرسم من (أ) مستقيماً يوازي (و م) . ويقطع امتداد (د و) في (هـ) .
- نصل (ب هـ) فيقطع سطح الاسطوانة (وبالذات الراسم المار في و) في نقطة (حـ)
- تكون نقطة (حـ) هي نقطة الانعكاس المطلوبة .

وكما في حالة المرايا الكروية فإنه يوجد نقطة انعكاس وحيدة في المرآة الاسطوانية المحدبة وعلى الاكثر اربع نقاط في حالة المرآة الاسطوانية المقعرة .

والشكلان (٣٢) (٣٣) يوضحان الطريقة في الحالتين المحدبة والمقعرة .



شكل (٣٢)   المرآة الاسطوانية المحدبة



المرآة الاسطوانية المقعرة   شكل (٣٣)

(٣) المرايا المخروطية :

لقد تناول ابن الهيثم المرآة المخروطية المحدبة والمرآة المخروطية المقعـرة كلا عـلى حدة .

وقد أورد طرقا مختلفة لإيجاد نقطة الانعكاس عن المرآة المخروطية المحدبة تبعا لوضع النقطتين المتعاكستين من المرآة، اما المرآة المخروطية المقعرة فهو لأمر ما تناول منها حالة واحدة فقط .

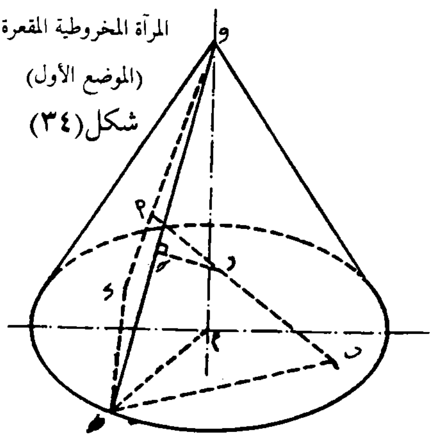
ويـورد ابن الهيثم ستة أوضـاع للنقطتـين المتعاكستـين، حسب وضعها بـالنسبة للمستوى الذي يمر برأس المخروط ويكون عموديا على محور المخروط .

*** الوضع الأول:**

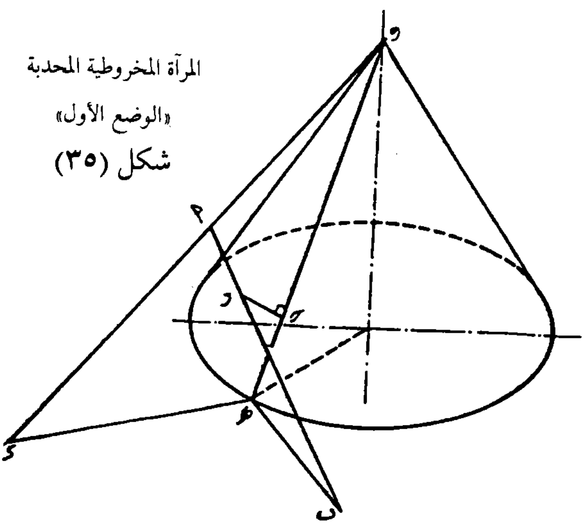
«اذا كانت النقطتان المتعاكستان دون المستوى المار برأس المخـروط عموديـاً على محوره» .

وهذه الحالة هي الوحيدة التي تناول فيها ابن الهيثم حالة المرآة المقعرة ونظرا لأن خطوات التنفيذ الهندسي لن تختلف في المرآة المقعرة عن المرآة المحدبة في هذه الحالة فإنه يمكن اجمال خطوات التنفيذ بما يلي :

- فلتكن النقطتان المتعاكستان في هذه الحالة (أ)، (ب)
- ولنرمز لرأس المخروط بالرمز (و).
- نوجد المستوى العمودي على محور المخروط المار باحدى النقطتين ولتكن (ب).
- يتقاطع هذا المستوى مع المخروط في دائرة ويقطع المحور في نقطة (م) هي مركز هذه الدائرة.
- نصل (و أ) وليقطع هو أو امتداده مستوى الدائرة في نقطة (د).
- نعين النقطة هـ التي تتعاكس منها النقطتان (ب، د) اي التي يكون المماس عندها يعمل زوايا متساوية مع كل من ب هـ، د هـ. (كما في حالة المرايا الكروية).
- نصل (و هـ)، (م هـ)، (د هـ)، (ب هـ)، (أ ب).
- نوجد المستوى الذي يمر بالنقاط م، هـ، و، فيقطع المستقيم (أ، ب) في نقطة ولتكن (ر).
- نسقط من ر العمود (ر حـ) على (و هـ) فيقطع (و هـ) في نقطة (حـ).
- تكون (حـ) هي نقطة الانعكاس المطلوبة.



المرآة المخروطية المقعرة
(الموضع الأول)
شكل(٣٤)



المرآة المخروطية المحدبة
«الوضع الأول»
شكل (٣٥)

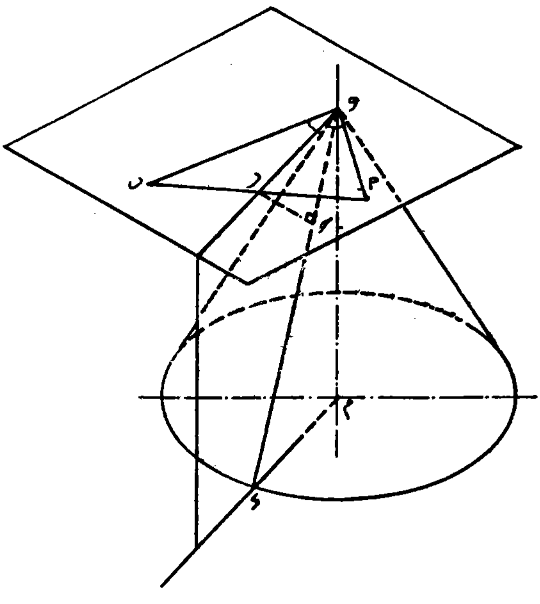
وقد اثبت ابن الهيثم كما في المرايا الكروية والاسطوانية ان النهاية العظمى لعدد نقاط الانعكاس عن المرآة المخروطية المحدبة هي نقطة واحدة وعن المخروطية المقعرة هي اربع نقــاط .

*** الوضع الثاني :**

النقطتان تقعان في المستوى المار برأس المخروط عموديا على محوره :

هذا الوضع والاوضاع التالية بينه ابن الهيثم للمرايا المخروطية المحدبة فقط .

- فلتكن النقطتان في هذه الحالة (أ ، ب)
- نصل (أ و) ، (ب و) ، (أ ب) انظر شكل (٣٦)
- ننصف الزاوية أ و ب بمستقيم فيقطع (أ ب) في نقطة (ر)
- نوجد المستوى الذي يمر بالنقاط م ، و، ر، فيقطع المخروط على الراسم (و د)
- نسقط من (ر) عمودا على و د فيقطع (و د) في نقطة (حـ)
- تكون حـ هي نقطة الانعكاس المطلوبة

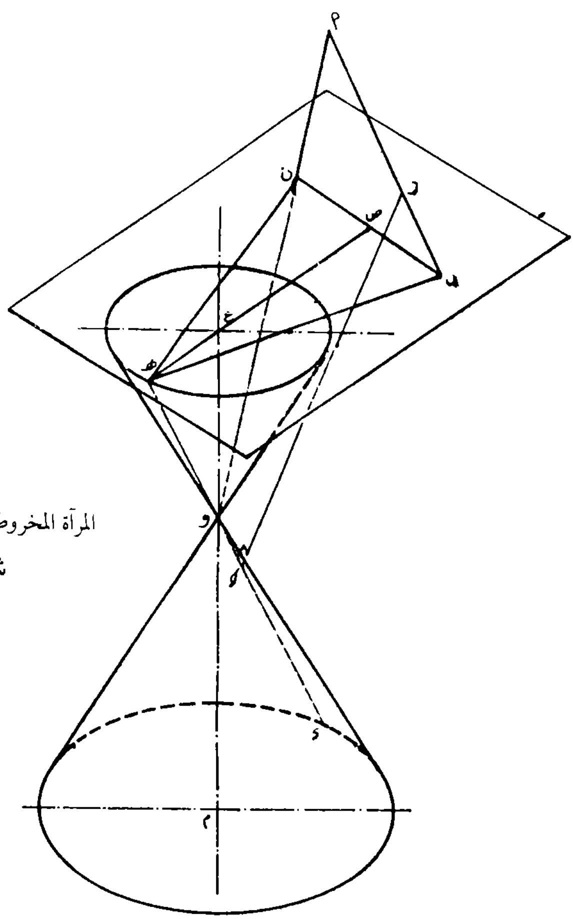


شكل (٣٦)
المرآة المخروطية المحدبة
«الوضع الثاني»

* **الوضع الثالث** :

«النقطتان تقعان فوق المستوى المار برأس المخروط عمودياً على محوره» :

- لتكن النقطتان المتعاكستان (أ ، ب) تقعان فوق المستوى المار برأس المخروط عمودياً على محوره .
- وليكن رأس المخروط النقطة (و) ومحوره (و م)
- نمد محور المخروط م و من جهة (و)
- نوجد المستوى (ت) المار باحدى النقطتين ولتكن (ب) ويكون عمودياً على محور المخروط .



المرآة المخروطية المحدبة «الوضع الثالث

شكل (٣٧)

- يقطع هذا المستوى امتداد سطح المخروط (اي سـطح المخروط المقـابل) في دائـرة مركزها النقطة (ع) وهي تقاطع هذا المستوى مع امتداد محور المخروط.
- نصل نقطة (أ) برأس المخروط (و) فيقطع هذا المستقيم المستوى (ت) في نقطة (ن)
- تكون النقطتان (ن، ب) في المستوى (ت) وهو مستوى الدائرة التي مركزها (ع) فنجد تعاكس النقطتين (ن، ب) من قوس القطاع المقابل (اي من الجهة المقعرة للدائرة انظر شكل ٣٧) فلتكن نقطة التعاكس (هـ)
- نصل (هـ ع) ونمده على استقامته فيقطع المستقيم ن ب في نقطة (ص)
- نصل (هـ و) ونمده على سطح المخروط الى نقطة (د) انظر شكل (٣٧)
- نصل (أ ب) فيقطع المستوى المار بالنقاط ص، هـ، د، في نقطة (ر).
- من نقطة ر نسقط عمودا على (و د) فيلاقية في نقطة (حـ)
- اذا وقعت نقطة (حـ) على سطح المرآة المخروطية كانت نقطة الانعكاس المطلوبة اما اذا وقعت على سطح المخروط المقابل فان تعاكس النقطتين (أ، ب) مستحيل.

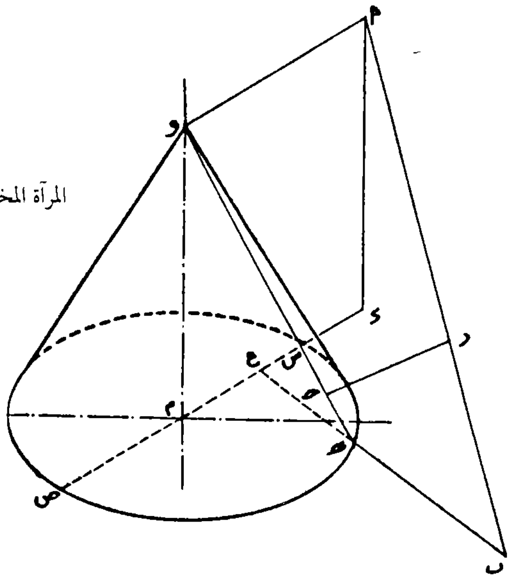
* **الوضع الرابع :**

«إحدى النقطتين تقع على المستوى المار برأس المخروط عموديا على محوره والأخرى تقع تحت هذا المستوى».

- لتكن النقطتان المتعاكستان (أ، ب) ولتكن احداهما ولتكن (أ) تقع في المستوى المار بـرأس المخروط (و)عمـوديا عـلى محوره، والنقـطة الاخرى (ب) تقـع تحت هـذا المستوى.
- نوجد المستوى المار بنقطة (ب) عموديا على المحور فيقطع سطح المخروط في دائرة مركزها النقطة (م) كما في الشكل.
- نسقط من النقطة (أ) عمودا على مستوى الدائرة فيلقى المستوى في نقطة (د)
- نصل د م ونمده فيلاقي محيط الدائرة في نقطتي س، ص
- نخرج من نقطة (ب) المستقيم ب هـ ع الذي يقطع الدائرة في (هـ) والقطر (س ص) في (ع) بحيث يكون هـ ع = ع م
- نصل (و هـ)، (م هـ) ونصل (أ ب) فيقطع المستوى المار بالنقاط و، هـ، م في النقطة

(ر) نسقط من (ر) العمود (ر حـ) على (و هـ)

- تكون نقطة (حـ) هي نقطة الانعكاس المطلوبة



المرآة المخروطية المحدبة «الوضع الرابع»
شكل (٣٨)

*** الوضع الخامس :**

«احدى النقطتين تقع على المستوى المار برأس المخروط عموديا على محوره والاخرى فوق هذا المستوى»

لقد أورد ابن الهيثم هذا الوضع بصورة مختصرة وسريعة فإن ما قاله لم يتجاوز الكلمات التالية :

«وإن كانت إحدى النقطتين في سطح م حـ ن (اي السطح المار برأس المخروط عموديا على محوره» والأخرى من وراء هذا السطح أخرجنا المخروط المقابل لمخروط المرآة واستخرجنا نقطة الانعكاس التي على هذا المخروط أعني بالمقابل ثم نقلنا نقطة الانعكاس إلى مخروط المرآة كما عملنا في الشكل الذي قبل هذا الشكل»

ولتوضيح هذه الحالة سنضع خطوات الحل كالآتي :

- لنفرض أنّ المرآة المخروطية رأسها (و)، ومحورها (و ن) كما في شكل (٣٨) ولتكن النقطتان المتعاكستان (أ، ب)

- ولتكن احدى النقطتين ولتكن (أ) تقع في المستوى المار برأس المخروط عموديا على محوره والاخرى ولتكن (ب) فوق هذا المستوى.

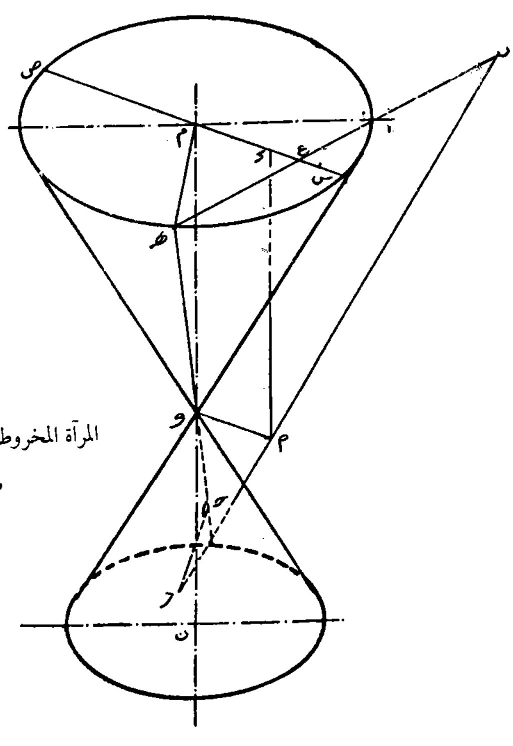
- نمد المحور (و ن) من جهة (و) على استقامته ونكمل سطح المخروط.

- نوجد المستوى المار بالنقطة (ب) عموديا على محور المخروط فيقطع امتداد سطح المخروط في دائرة مركزها (م).

- نسقط من (أ) عمودا على هذا المستوى فيقطعه في (د).

- نصل (م د) ونمده من الجهتين فيقطع محيط الدائرة في نقطتين (س، ص).

- نوجد المستقيم ب ع هـ الذي يقطع محيط الدائرة في (هـ) والقطر س ص في ع بحيث يكون هـ ع = ع م (وبشكل عام يوجد اربع حلول).



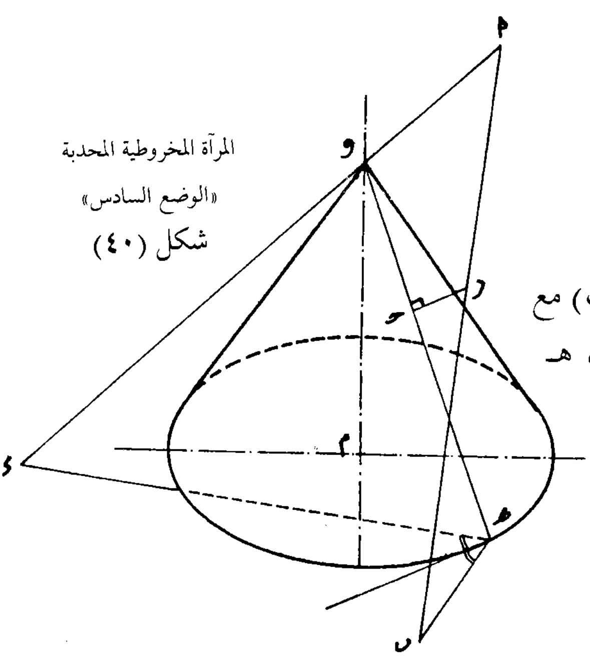
المرآة المخروطية المحدبة «الوضع الخامس»
شكل (٣٩)

- نأخذ احد هذه الحلول بحيث انه اذا أوصلنا (أ ب) فانه يقطع المستوى المار بالنقاط (و، هـ، م) في نقطة (ر) بحيث اذا اسقطنا من (ر) عموداً على (هـ و) او امتداده قطع هذا العمود المستقيم (هـ و) او امتداده في نقطة (حـ) بحيث تكون نقطة (حـ) تقع على سطح المرآة المخروطية وليس على امتدادها.
- تكون نقطة (حـ) هي نقطة الانعكاس المطلوبة.

* **الوضع السادس:**

«النقطتان المتعاكستان على جنبي المستوى المار برأسي المخروط عموديا على محوره» أي أن إحدى النقطتين أسفل المستوى المذكور والأخرى فوقه.

- فلتكن النقطتان المتعاكستان (أ، ب) بحيث تكون ب تحت المستوى المار برأس المرآة المخروطية (و)، عموديا على محورها. ولتكن (أ) فوقه خارج سطح المخروط المقابل.
- نوجد المستوى المار بالنقطة (ب) عموديا على محور المخروط فيقطع المخروط في دائرة مركزها نقطة (م) وهي نقطة تقاطع المحور مع هذا المستوى.
- نصل (أ و) ونمده حتى يلاقي مستوى هذه الدائرة في نقطة (د) (ستكون حتما خارج الدائرة المذكورة لان (أ) خارج سطح المخروط المقابل).
- نعين النقطة (هـ) على محيط الدائرة بحيث ينصف المماس المرسوم عندها الزاوية (د هـ ب).
- نصل (و هـ)، (أ ب)
- نوجد تقاطع المستقيم (أ ب) مع المستوى المار بالنقاط و، م، هـ فيقطعه في نقطـة (جـ)
- تكون نقطة (حـ) هي نقطة الانعكاس المطلوبة.



المرآة المخروطية المحدبة
«الوضع السادس»
شكل (٤٠)

الميكانيكا عند ابن الهيثم

لم يقتصر ابداع ابن الهيثم على الضوء فحسب بل تعدى ذلك إلى علوم أخرى ترتبط مع علم الضوء بفكرة معينة وقد كان لفكرة الانعكاس الارتباط الأكبر مع علم الميكانيكا ، والدافع الرئيسي لدراسة ابن الهيثم للظواهر الميكانيكية .

وإنجازاته في علم الميكانيكا يمكن إجمالها كما يلي :

١ ـ يرى ابن الهيثم أن الحركة نوعان : النوع الأول : الحركة الطبيعية : وهي حركة الجسم بتأثير من وزنه بالنسبة للجاذبية الأرضية وهو ما يعرف عندنا «بالسقوط الحر» . والنوع الثاني : هو الحركة العرضية : وهي الحركة التي تنتج من تأثير عامل خارجي (القوة) . ولكي تكون الحركة لا بد أولا من قوة تؤثر على الجسم الساكن ، وفي هذا تلميح واضح عند ابن الهيثم لقانون نيوتن الأول (قانون القصور الذاتي) ، وحركة الجسم الساقط سقوطا حرا بتأثير وزنه تكون أقوى وأسرع إذا كانت مسافته أطول ، فحركته في رأي ابن الهيثم تعتمد على مقدار المسافة التي يقطعها وعلى مقدار ثقله .

وحركة الجسم العرضية تكون أسرع كلما كانت القوة القاذفة أشد وأقوى .

ولعل القارىء يشعر أن ابن الهيثم كان يفهم تسارع الأجسام الساقطة سقوطا حرا . ولكن تعبير ابن الهيثم عن هذا التسارع كان فقط وصفيا لا رياضيا .

وأشار ابن الهيثم الى ما يعرف عندنا بكمية التحرك او طاقة الحركة ، وذلك في حديثه عن علاقة حركة الجسم أي سرعته مع المسافة المقطوعة أثناء السقوط ومع ثقله . وإشارته تضمنت معنى كميا يحدده بقوة الحركة للجسم . فهو يرى ان قوة حركة الجسم الساقط سقوطا حرا تزداد بزيادة المسافة المقطوعة وبمقدار الثقل .

٢ ـ تحليل حركة المقذوف : ينظر ابن الهيثم الى حركة الجسم أنها مركبة من قسطين ، قسط (مركبة) باتجاه الأفق ، ومركبة باتجاه العمود حيث تكون الزاوية بين المركبتين قائمة . وقد أوضح هذه التعبيرات في تجاربه مع الكرة الحديدية والمرآة الحديدية ، بحيث اذا قذفت الكرة بزاوية نحو المرآة فإنها ترتد من الجنب الآخر بنفس الزاوية التي قذفت بها .

والسرعة التي تقذف بها الكرة هي محصلة سرعتين واحدة باتجاه العمود القائم على المرآة والأخرى باتجاه موازي لسطح المرآة . وهو يفهم هذا التحليل المنهجي بالدقة التي نفهمها بها الآن ، الأمر الذي يدعو للاعجاب والتقدير . فهو يقول «واعتماد الجسم المتحرك على الجسم المانع انما يكون مركبا من الحركة الى الجهة التي يمتد منها العمود القائم على سطح الجسم المانع ومن الحركة التي يمتد إليها العمود القائم على هذا العمود الممتد في السطح الذي فيه الحركة)(١) .

بل بلغت الحقيقة بابن الهيثم أن يعامل كل قسط (مركبة) بشكل مستقل عن الآخر ، فإذا أثر عامل ما في الاتجاه العمودي على الجسم المتحرك ، فإنّ المركبة العمودية للحركة هي التي تتغير فقط ، في حين تبقى المركبة الأفقية ثابتة ، ومع ذلك فإن اتجاه حركة الجسم يتقيد ككل .

فالذي يحدد اتجاه الحركة هو مقدار شدة كل من القسطين .

وهنا نفهم أنّ الإشارة الى ان السرعة تتحدد بمقدار واتجاه ودراستها عند ابن الهيثم لم تقتصر على تحليلها فحسب بل على تركيبها ، وذلك واضح من دراسته للحركة المحصلة ككل بعد احداث التغيير بواسطة قوة على أحد القسطين .

٣ ـ درس ابن الهيثم تصادم الأجسام المتحركة مع الأجسام الساكنة ، وأعطى وصفا دقيقا لتغير حركة الجسم بالاصطدام . وميز بين أنواع الاصطدام المعروفة عندنا ، مستشهداً بأمثلة تجريبية .

أ ـ اصطدام الكرة الحديدية بالصخر الصلب أو الحديد ، وهو مثال على الاصطدام المرن .

ب ـ اصطدام الكرة الحديدية بجسم رخو كالتراب او الصوف حيث يكون الاصطدام عديم المرونة .

ويسمي ابن الهيثم الجسم الساكن بالجسم المانع ، لأنه يحاول منع الجسم المتحرك من الاستمرار في الحركة ، ويعبر عن شدة المنع لدى الجسم الساكن بخاصية الممانعة ، فالممانعة لدى الحديد أكبر من الممانعة لدى التراب . عرض ابن الهيثم تباين درجة ممانعة المواد المختلفة عن الانفعال عند سقوط الأجسام عليها . وعبر عن تلك الظاهرة التي اتخذت

(١) ١١٣ من مخطوط المقالة الرابعة ـ المناظر ـ

في عصرنا الحالي أساسا لقياس درجة صلادة الأجسام (Hardness) في جهاز اختبار الصلادة المعروف بجهاز (شور) حيث تتخذ مسافة الارتداد بعد التصادم مقياسا لصلادة المواد. اذ كلما كانت الممانعة عن الانفعال (أو بالتعبير الحديث، الصلادة) أكبر كلما عظمت مسافة الارتداد، كما جاء في بحث الحسن ابن الهيثم في كتابه المناظر حيث يقول في الفصل الثالث من المقالة الرابعة «ان الأجسام الثقال اذا سقطت إلى أسفل من موضع عال ثم لقيت عند مسقطها جسماً صلباً كالصخر أو الحديد، او ما جرى، مجرى ذلك انعكست في الحال راجعة ويكون رجوعها بحركة قوية. وإذا لقيت عند مسقطها جسماً رخواً كالرمل أو التراب أو ما شاكل ذلك انتشبت فيه ولم ترجع.

واذا صادفت جسما فيه بعض الصلادة وبعض اللين كالجص أو الخشب او ما جرى مجرى ذلك من اللين رجعت رجوعا ضعيفا، وكذلك إن رمى رام بحجر إلى جهة من الجهات فلقي ذلك الحجر جسما من الأجسام الصلبة قبل ان تفنى الحركة التي فيه فانه ينعكس راجعا واذا كانت حركته قوية فانه يرجع بقوة شديدة. وان لقي جسما رخوا كالصوف أو القطن أو التراب او شيئا من الأجسام السريعة الانفعال أنتشبت فيه أو سقط إلى أسفل ولم يرجع إلى الجهة التي تحرك منها. وان لقي جسما فيه بعض الصلابة وبعض اللين رجع رجوعا ضعيفاً بحسب ما في ذلك الجسم من الصلابة ثم انحط الى أسفل، فيبين من هذا الاعتبار أن الأجسام الصلبة تدافع الأجسام المتحركة اذا لقيتها مدافعة قوية، واذا دافعتها مدافعة قوية رجعت تلك الأجسام الى الجهة التي منها قامت».

ثم إن ابن الهيثم يقصد بالممانعة معنى كميا وهو ما يعرف عندنا بمعامل الارتداد الذي يحدد سرعة الجسم المصطدم بعد الاصطدام فان كان معامل الارتداد كبيراً فان حركة الجسم بعد الاصطدام تكون كبيرة، وان كان معامل الارتداد أقل فان حركة الجسم بعد الاصطدام تكون قليلة.

ويشرح ابن الهيثم كيفية ارتداد الكرة الحديدية بعد اصطدامها بجسم صلب (المرآة) على النحو التالي، نظرا لأن حركة الكرة الحديدية هي محصلة لقسطين من الحركة (مركبتين) فانه عندما تصطدم بالجسم الصلب (المرآة) فان المرآة تمانع الجسم المتحرك ممانعة عمودية (أي باتجاه العمود)، فتتغير حركة المركبة العمودية لتصبح في الاتجاه المضاد مع بقاء حركة المركبة الأفقية ثابته دون ان يعتريها أي تغيير وذلك لعدم وجود مانع في اتجاهها. وينتج بعد الاصطدام مركبتان إحداهما عمودية في الاتجاه المضاد، والاخرى أفقية في نفس الاتجاه السابق.

وإذا افترضنا ان المركبة العمودية الجديدة المضادة للاتجاه السابق ثابتة في المقدار تكون الزاوية التي تنعكس بها الكرة مساوية للزاوية التي تسقط بها من جهة العمود.

هذه كلمات ابن الهيثم بكل ما فيها من دقة وهذا مفهومه عن (صلابة الأجسام) وتأثيرها على مسافة ارتداد الجسم المصادم لها. وهو مفهوم سليم وكأنما نطالع هذه النصوص في كتبنا الحديثة لا في مخطوط كتبه عالمنا العربي الفذ الحسن ابن الهيثم منذ أكثر من تسعة قرون.

ابن الهيثم وعلم الفلك

عرف العرب قبل الاسلام علم الفلك فكان عرب نجد والحجاز يعنون بالسماء والنجوم فذكروها في اشعارهم واخبارهم المتعلقة بتلك الاشعار.

وعندما جاء الاسلام خطا علم الفلك عند المسلمين خطوات واسعة لأنّ الإسلام يشجع على طلب العلم كما ان بعض المسائل في علم الفلك مما يطالب المسلمون بمعرفتها كأوقات الصلاة التي تختلف بحسب الموقع ومن يوم الى يوم ، ولا يخفى ان ذلك يحتاج الى معرفة خط عرض الموقع الجغرافي وحركة الشمس الظاهرية في البروج . . وغيرها ، بالاضافة الى ذلك فان المسلمين مطالبون بالاتجاه الى الكعبة في صلواتهم ، مما يستلزم معرفة سمت القبلة ، وهناك هلال رمضان ، وغيرها من الأمور كل ذلك ادى الى تطوير علم الفلك في كنف الحضارة الاسلامية .

وقد ساهم ابن الهيثم مع علماء المسلمين في اعطاء علم الفلك حقه من الدراسات مما حدا بالبيهقي ان ينعته بحق «بطليموس الثاني» .

وقد اتخذ ابن الهيثم من كتاب المجسطي مصدرا لدراساته الفلكية بعد ان الف فيه كتاب «مقالة في الشكوك على بطليموس) وقد استخدم ابن الهيثم مجموعة من آلات الرصد كالساعة المائية لتحديد الزمن والاسطرلاب العربي .

ولابن الهيثم ابتكارات جديدة على النظام البطليموسي وان لم يمس الفكرة الاساسية وهي ان الارض مركز العالم .

*** مؤلفاته في علم الفلك :**

وقد ألف ابن الهيثم ما يزيد على اربعة وعشرين مؤلفا في علم الفلك فُقد أغلبها ومنها :

(١) ارتفاع القطب .
(٢) هيئة العالم .

(٣) اضواء الكواكب .
(٤) ارتفاعات الكواكب .
(٥) اصول الكواكب .
(٦) اختلاف منظر القمر .
(٧) حركة القمر .
(٨) ضوء القمر .
(٩) اثر وجه القمر .
(١٠) ابعاد الاجرام السماوية واقدار اعظامها .
(١١) تصحيح الاعمال النجومية .
(١٢) صورة الكسوف .
(١٣) مقالة في كيفية الارصاد .
(١٤) مقالة في التنبيه على مواضع الغلط في كيفية الرصد .
(١٥) مقالة في ان ما يرى من السماء أكثر من نصفها .
(١٦) مقالة في حل شكوك المقالة الاولى من كتاب المجسطي .
(١٧) مقالة في الرد على من خالفه في ماهية المجرة .
وغيرها

وفيما يلي سنستعرض شيئا مما قدمه ابن الهيثم في علم الفلك ، وهي ليست الا نماذج من اعماله في علم الفلك :

*** * حول مقالته في ارتفاع القطب :**

لابن الهيثم مقالة بعنوان « استخراج ارتفاع القطب على غاية التحقيق » ولهذه المقالة اهمية عظيمة اذ انها تساعد على معرفة خط عرض مكان ما .

ان زاوية ارتفاع القطب في منطقة ما على الارض هي الزاوية ما بين المستقيم الذاهب من عين الراصد الى نجم القطب في منطقة ما على الارض وما بين المستوى الافقي لمحل الراصد .

واذا نظرنا الى الشكل (٤١) فاننا نستنتج بان زاوية ارتفاع نجم القطب تساوي الى خط العرض الجغرافي لتلك المنطقة . ذلك ان الاشعة القادمة من نجم القطب تكون عمودية على مستوى دائرة الاستواء دائما (أي موازية لمحور الارض) ويمكن اعتبارها متوازية لان نجم القطب بعيد جدا بالنسبة لابعاد الكرة الارضية .

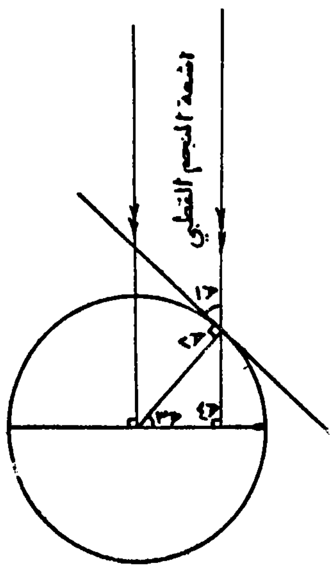
ومن الشكل :

∠ ١ + ∠ ٢ = ∠ ٣ + ∠ ٤ (زاوية خارجية للمثلث) .

لكن : ∠ ٢ = ∠ ٣ = ٩٠°

∠ ١ = ∠ ٣

اي ان دائرة عرض مكان ما (∠ ٣) تساوي ارتفاع القطب (∠ ١)



ارتفاع القطب
شكل (٤١)

وتعيين ارتفاع القطب يتطلب حسابات خالية من الاخطاء تقريبا . وقد استخدم ابن الهيثم في قياساته الساعة المائية لتعيين الزمن والاسطرلاب لتحديد ارتفاع القطب .

ويبين ابن الهيثم في مقالته كيفية اخذ الارصاد المطلوبة ويدلي بالقانون الخاص بعلاقة الارتفاعات المذكورة .

وما زالت طريقة ابن الهيثم في تعيين ارتفاع القطب اكثر الطرق استعمالا حتى وقتنا الحاضر رغم ما طرأ على اجهزة القياس من تطور .

** حول كتابه في هيئة العالم :

ولابن الهيثم مؤلف عنوانه «كتاب في هيئة العالم» يشرح فيه نظريته في تركيب الكون .

فالكون في نظر ابن الهيثم يتألف من اجسام خفيفة واخرى ثقيلة واجسام ليست بالخفيفة أو الثقيلة . فالأرض من الاجسام الثقيلة يحيط بها الماء على شكل غلاف كروي . اما الاجسام الخفيفة فهي الهواء والنار وحركتها صاعدة نحو الاعلى ، والأجسام التي ليست بالخفيفة أو ثقيلة فهي الاجسام السماوية التي يؤلف مجموعها الكرة السماوية وأغلبها من النجوم ، وهذه الكرة تدور دورة سريعة من الشرق الى الغرب في اليوم والليلة ، والسطح الخارجي لكرة السماء هو الحد النهائي للعالم وبعده لا فارغ ولا مملوء يكون العالم محدوداً ولا نهاية له .

وقد ادخل ابن الهيثم في كتابه فكرة الافلاك المجسمة فجعل كل كوكب يدور على كرة مجسمة فلكية يبعد مركزها عن مركز العالم بمقدار بسيط بحيث يتفق التقويم مع الارصاد .

« خاتمـــة »

هذا عرض بسيط موجز لأعمال استاذنا الحسن بن الهيثم، يُشير إشارة واضحة الى دوره في مسيرة العلم. فمن وضع الطريقة العلمية في البحث الى تشريح العين وتركيبها، وحتى تفسير الأثر الظاهر على وجه القمر، كله من إبداع العقل العلمي المسلم. وما زالت الإنسانية تتغنى بهذه المنجزات، وتتفنن في شرحها، وتعلمها لطلابها كي تحفظ الطرح العلمي الكبير وتزيد في بنائه أكثر فأكثر.

والعلم نعمة من نعم الله على بني البشر إن هم أرادوا الخير.

ولينظر أولو الألباب والبصائر إلى أثر العلم زمن الحضارة الاسلامية على البشرية وإلى أثره في ظل الحضارة الأوروبية الحديثة الذي اصبح تطوره في بعض المجالات يهدد الآمنين والأبرياء. ويصنع لهم الموت بأشكال غريبة تنفض عليهم حياتهم رغم المستوى المعيشي الرفيع الذي وصلوا اليه.

والسبب في ذلك انه لم يعد هناك ضمير يحكم العلم ويتخير السبل المؤدية الى راحة الإنسان وطمأنينتهُ. ورغم ان الحضارة الاسلامية كانت على ابواب تكنولوجيا علمية كبيرة ـ لو استمر لها البقاء لرأى العالم منها ما يحفظ له قيمهُ الروحية ولا يعجز في النواحي المادية ـ لكن يمكننا توقُّع نتائج أفضل من نتائج الثورة التكنولوجية الأوروبية وذلك مردّه الى فلسفة التعلم والتعليم عند المسلمين، والتي تنطلق بشكل عقائدي بفرض ضرورة التفكير في قوانين وأنظمة هذا الكون الواسع، وضرورة التعلم ونشر العلم وعدم كتمانه، وضـرورة إيجاد الكفـايات الملائمة لكل مجال، وضرورة الإتقان والإبداع، وضرورة إخلاص النية لله في العمل، وضرورة الخير وما تقتضيه المصلحة العامة، وضرورات أخرى كثيرة.

واليوم أصبح حري بعلماء أمتنا أن يتفكروا في إستعادة الصدارة الحضارية التي كان عليها اسلافهم السابقون، ولا يتأتى هذا إلا بالفهم الصحيح لحقيقة العلم والإخلاص والجهد الغزير المتواصل دون يأس.

إننا لا ندعو طلابنا وشبابنا للرجوع مرة اخرى للبحث في تـركيب العدسـات، ووضع المعادلات الجبرية لقطوع مختلفة، أو إيجاد تركيب بسيط للعين، فهذا كله اصبح حقيقة وبديهية في إطار العلم الحديث، ولكن ندعوهم الى أن يشتعل في قلوبهم بعث ابن الهيثم وروحه العبقرية النادرة، لتصنع على ايديهم بناءً علمياً أصيلاً يجد مكانه في صفحات الحضارة والتاريخ.

﴿بسم الله الرحمن الرحيم﴾

المراجـــع :

أ - باللغة العربية :

١ - احمد تيمور، اعلام المهندسين في الإسلام، لجنة نشر المؤلفات التيمورية، سنة ١٩٥٧م.

٢ - احمد شوكت (مجموعة ابحاث في الحضارة العربية الاسلامية والمجتمع العربي، وزارة التربية، عمان، سنة ١٩٧٠م.

٣ - اسماعيل وآخرون، الحسن بن الهيثم رائد علم الضوء، دار العودة، سنة ١٩٧٤م.

٤ - ابن أبي أصيبعة، عيون الأنباء في طبقات الأطباء، دار مكتبة الحياة، بيروت، سنة ١٩٦٥م.

٥ - ابن الهيثم، مجموع الرسائل الطبعة الاولى، دائرة المعارف العثمانية ببلدة حيدر آباد الدكن، سنة ١٣٥٧هـ.

٦ - البيهقي، تاريخ حكماء الاسلام، الطبعة الثانية، المجمع العلمي العربي، دمشق.

٧ - جلال شوقي، أصول الميكانيكا في الفكر العربي، أسبوع العلم الثالث عشر (الكتاب الرابع)، حلب، سنة ١٩٧٢م.

٨ - جون دبزوند برناك، العلم في التاريخ (مترجَم) الجزء الأول، الطبعة الاولى، المؤسسة العربية للدراسات والنشر.

٩ - زهير الكتبي، الحسن بن الهيثم، سلسلة علماء العرب، دمشق، سنة ١٩٧٢م.

١٠ - سارطون جورج، مقدمة تاريخ العلم، ترجمة ابراهيم الفيومي، دار المعارف، القاهرة، سنة ١٩٥٧م.

١١ - سيجريد هونكه، شمس العرب تسطع على الغرب، ترجمة فاروق بيضون، الطبعة الاولى، المكتب التجاري، سنة ١٩٦٤م.

١٢ - عبدالقادر البحراوي (مترجم) إسهام المسلمين في الحضارة الانسانية، دار المعرفة الجامعية، حيدر بامات.

١٣ - علي عبدالله الدفاع، العلوم البحتة في الحضارة العربية الاسلامية، مؤسسة الرسالة، بيروت، ١٩٨١م.

١٤ - عمر رضا كحالة، العلوم البحتة في العصور الاسلامية، مطبعة الترقي بدمشق سنة ١٩٧٢م.

١٥ - عمر فروخ، تاريخ العلوم عند العرب، دار العلم للملايين، بيروت، سنة ١٩٧٠م.

١٦ - قدري طوقان، تراث العرب العلمي في الرياضيات، دار الشروق، بيروت.

١٧ ـ ابن القفطي ـ إخبار العلماء بأخبار الحكماء، الطبقة الاولى، مطبعة السعادة، سنة ١٣٢٦هـ.

١٨ ـ ماكس فانتاجو، المعجزة العربية، ترجمة رمضان لاوند، دار العلم للملايين، بيروت، سنة ١٩٥٤م.

١٩ ـ محمود عبيد، ابحاث الندوة العالمية الأولى لتاريخ العلوم عند العرب المنعقدة بجامعة حلب من ص ١٩٣ ـ ص ٣٦٢، ١٩٧٦/١٢/٥م.

٢٠ ـ مصطفى نظيف، الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية، الجزء الاول، مطبعة نوري، مصر، سنة ١٩٤٢م.

١٢ ـ مصطفى نظيف، الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية، الجزء الثاني، مطبعة الاعتماد، مصر، سنة ١٩٤٣م.

٢٢ ـ مصطفى نظيف، محاضرات ابن الهيثم التذكارية ـ المحاضرة الاولى والثانية ـ.

ب ـ مجـــــلات :

٢٣ ـ مجلة التقدم العلمي، العدد الثالث، الكويت، يناير، ١٩٨٣م.

جـ ـ باللغـة الأجنبية :

24 - IBN - ALHITHAM - proceeding of the calebration of 1000 the anniversany held under the auspicen of HAMDARD NATIONAL Foundation.

المحتويـــات